Grundriß

der

Meteorologie.

Für landwirthschaftliche Fortbildungs-Schulen

und zum Selbstunterrichte bearbeitet

von

Otto Bachmann,

Hauptlehrer an der Realschule und Lehrer für Naturkunde an der landwirthschaftlichen Kreis-Winterschule in Landsberg.

Nördlingen.

Druck und Verlag der C. H. Beck'schen Buchhandlung.

1876.

Grundriß

der

Meteorologie.

Für landwirthschaftliche Fortbildungs-Schulen

und zum Selbstunterrichte bearbeitet

von

Otto Bachmann,
Hauptlehrer an der Realschule und Lehrer für Naturkunde an der landwirthschaftlichen
Kreis-Winterschule in Landsberg.

Nördlingen.
Druck und Verlag der C. H. Beck'schen Buchhandlung.
1876.

Vorwort.

Bei der Durchführung vorliegender Arbeit hat mich der Gedanke geleitet: dem Laien ein Mittel an die Hand zu geben die verschiedenen meteorologischen Erscheinungen in ihren Ursachen und Wirkungen, in ihrer gegenseitigen Wechselbeziehung und ihrem Einflusse auf die Vegetation kennen zu lernen. Erschöpfende Vollständigkeit und Berücksichtigung sämmtlicher hier einschlägigen Faktoren kann wohl nicht erwartet werden, zumal dieses Schriftchen nur die Kenntniß der allernothwendigsten physikalischen Grundgesetze voraussetzt. Mit Rücksicht auf den praktischen Zweck habe ich vorzugsweise die klimatischen Verhältnisse der nördlich gemäßigten Zone in's Auge gefaßt und anderweitige Verhältnisse nur in so weit berücksichtiget, als sie für das Verständniß des Zusammenhanges erforderlich waren. Als Hülfsmittel erlaubte ich mir die Klimatologie von Dr. Lorenz, die Meteorologie von Dr. Müller und Dr. Lommel und Sendtner's Vegetationsverhältnisse Südbayerns zu benützen.

Ist das Schriftchen auch zunächst für den Unterricht, insbesondere an landwirthschaftlichen Fortbildungsschulen, bestimmt, so dürfte dasselbe doch, in Folge der Anordnung des Stoffes, mit Vortheil beim Selbststudium Verwendung finden.

Landsberg, im November 1875.

Otto Bachmann.

Inhalts-Uebersicht.

Einleitung.

§ 1. Der Luftkreis unserer Erde ist beständig inneren Bewegungen und Veränderungen unterworfen. Durch den fort und fort sich ändernden Stand der Erde zur Sonne und die dadurch bedingte verschiedene Erwärmung der Luftmasse und Erdoberfläche, durch das Leben der Thiere und Pflanzen, durch Licht und Electrizität und vielleicht auch durch manche uns bisher noch vollkommen unbekannte Thätigkeiten werden in der Atmosphäre die verschiedenartigsten Erscheinungen hervorgerufen. Den durchschnittlichen Gang aller dieser Erscheinungen bezeichnen wir mit dem Namen Klima. Da diese Erscheinungen und die dadurch bedingten Wirkungen von großem Einflusse auf die Erdoberfläche und deren Bewohner sind, und nach Zonen, Höhenlagen und Bodenverhältnissen wechseln, pflegt man von Klima der verschiedenen Erdstriche, Länder, Gebirge, Ebenen u. s. w. zu sprechen.

§ 2. Diese atmosphärischen Erscheinungen folgen bald ganz regelmäßig, bald ohne erkennbare Regelmäßigkeit und mit verschiedenen Geschwindigkeitsgraden aufeinander. Die Gestalt, in welcher sie an einem Orte zu irgend einem Zeitpunkte auftreten, nennt man das Wetter und den längere oder kürzere Zeit hindurch anhaltenden Character des Wetters die Witterung. Diese Witterung ist bekanntlich in einigen Gegenden der Erde eine sehr regelmäßige und leicht im Vorhinein bestimmbare, in anderen sehr wechselvoll und unberechenbar. Die Erscheinungen des Luftkreises kennen zu lernen und sie auf anerkannte Naturgesetze zurückzuführen, ist die eigentliche Aufgabe der Meteorologie. Da die Witterung auf das Wohlbefinden, nicht nur des einzelnen Menschen, sondern auch auf den Zustand ganzer Länder und Völker einen bedeutenden Einfluß ausübt, verdient die Lösung meteorologischer Fragen allgemeines Interesse.

§ 3. Wenn wir nun hiedurch auch Einsicht in die Entstehung und in den Zusammenhang der atmosphärischen Erscheinungen gewinnen,

wenn wir auch größtentheils die Ursache einer wahrgenommenen Wirkung ergründen und die Wirkung einer gewissen Ursache bestimmen können, so bleiben wir doch noch weit davon entfernt in prophetischem Geiste den Eintritt, Verlauf und die Aufeinanderfolge der einzelnen Erscheinungen vorausbestimmen zu können. In Rücksicht auf unsere praktischen Zwecke, unsere Wünsche und Vortheile, scheint eine weise Vorsehung uns, diesen launigsten aller Naturerscheinungen gegenüber, eine Grenze des Vorausbestimmens gezogen zu haben, wie sie auch die Zukunft unserer menschlichen Schicksale in wohlthätiges Dunkel hüllt.

Wärmeverhältnisse der Erdoberfläche.

§ 4. **Wärmequelle.** Die Erwärmung der Erdoberfläche und der Atmosphäre haben wir einzig und allein den Strahlen der Sonne zu danken. Zwar besitzt die Erde auch eine eigene Wärme; doch ist dieselbe so gering, daß sie gegen die von der Sonne gespendete Wärme kaum in Betracht zu ziehen ist. Die Sonne also ist es, welche uns gleichzeitig mit dem Lichte jene unsichtbaren Strahlen sendet, die Wärme verbreiten und überall Leben hervorrufen, wohin sie gelangen. Erst dadurch, daß die Sonnenstrahlen die Erde treffen und von derselben theils aufgenommen, theils zurückgeworfen werden, verwandeln sie sich in fühlbare Wärme. Die Atmosphäre, durch welche die Sonnenstrahlen, ehe sie die Erdoberfläche berühren, ihren Weg zu nehmen haben, saugt gleichfalls einen Theil dieser Strahlen, etwa ein Fünftel bis ein Drittel auf; sie dienen vorzugsweise dazu, um die Dampfform des in der Luft befindlichen Wassers zu erhalten.

Je senkrechter die Sonnenstrahlen auf die Erde auffallen, um so mehr Strahlen kommen auf eine Fläche von bestimmter Größe, um so stärker ist folglich auch die Erwärmung. Da die Richtung der auf die Erde gelangenden Sonnenstrahlen eine nach bestimmten Gesetzen wechselnde ist, so ist klar, daß der Wärmezustand der Erdoberfläche und der unteren Luftschichten gleichfalls in periodischem Wechsel begriffen ist.

Daß in der That die Richtung auffallender Wärmestrahlen von großem Einflusse auf den Grad der Erwärmung ist, läßt sich durch folgendes einfache Experiment leicht beweisen. Man nähere einer offenen Flamme eine Fläche der Hand von der Seite, so daß die Handfläche parallel zu der Richtung der Flamme steht, und man wird finden, daß man selbst in unmittelbarer Nähe der Flamme durch die Hitze nicht belästigt wird. Neigt man aber die Handfläche gegen die Richtung der Flamme, so wird die Hitze empfindlicher und dies um so mehr, je mehr sich die Lage der Hand der horizontalen Richtung nähert, je mehr Wärmestrahlen also auf die Handfläche gelangen können. — Aus demselben Grunde schmilzt auch an einem nach Süden zu geneigten Abhange der Schnee im Winter bei Sonnenschein rascher, als auf einer horizontalen Bodenfläche.

§ 5. **Die fünf Zonen.** Bei dem Umlaufe der Erde um die Sonne kommt bekanntlich die Sonne nicht über alle Orte der Erde senkrecht zu stehen, sondern nur über jene Punkte, welche bis $23^1/_2{}^0$ nördlich und $23^1/_2{}^0$ südlich vom Aequator, also innerhalb eines Gürtels von 47 Breitegraden rings um die Erde liegen. $23^1/_2{}^0$ nördlich vom Aequator zieht sich parallel zu demselben der Wendekreis des Krebses, $23^1/_2{}^0$ südlich von demselben der Wendekreis des Steinbockes um die Erde; es können die Strahlen der Sonne folglich nur zwischen den beiden Wendekreisen in senkrechter Richtung auf die Erde gelangen. Dieser Erdstrich wird also am stärksten erwärmt und führt den Namen heiße Zone; sie ist der Schauplatz des reichsten Thier- und Pflanzenlebens, Tag und Nacht wechseln hier fast regelmäßig in Zwischenräumen von je 12 Stunden mit einander ab.

§ 6. Den Gegensatz zu der heißen Zone bilden die beiden Erdpole mit ihren Umgebungen, die nördlich und südlich kalte Zone. Innerhalb der beiden von den Polarkreisen ($23^1/_2{}^0$ vom Nordpole und $23^1/_2{}^0$ vom Südpole entfernt) begrenzten Kugelabschnitte kommt die Sonne Tage, Wochen, ja Monate lang gar nicht über den Horizont, und auch dann, wenn sie zu anderen Zeiten eben so lange nicht mehr untergeht, sendet sie ihre Strahlen nur in sehr schräger Richtung auf die Erde, so daß dabei nur eine sehr geringe Wärme-Entwickelung stattfinden kann. Hier starrt auch fast das ganze Jahr hindurch die Natur in ewigem Schnee und Eis, weshalb in diesen Gegenden auf der Erdoberfläche nur wenige und größtentheils verkümmerte Vertreter des Thier- und Pflanzenreichs anzutreffen sind.

§ 7. Der Gürtel zwischen dem nördlichen Polarkreise und dem Wendekreis des Krebses bildet die nördlich gemäßigte, der Gürtel zwischen dem südlichen Polarkreise und dem Wendekreis des Steinbocks die südlich gemäßigte Zone. Tag und Nacht wechseln in diesen Erdstrichen zwar zwischen je 24 Stunden, aber nicht mehr in stets gleicher Weise wie in der heißen Zone, mit einander ab. Je mehr man sich in diesen gemäßigten Zonen den Polarkreisen nähert, desto ähnlicher werden die klimatischen Verhältnisse denen der kalten Zonen, je mehr man aber gegen die beiden Wendekreise vordringt, desto mehr nähern sich die klimatischen Verhältnisse denen der heißen Zone.

Die beiden gemäßigten Zonen werden häufig noch in je vier weitere Erdgürtel abgetheilt. Diese sind: a) die subtropische gemäßigte Zone von jedem Wendekreis bis zum 34. Breitegrade reichend, b) die mittlere gemäßigte Zone vom 34. bis 45. Breitegrad, c) die kältere gemäßigte Zone vom 45. bis 58. Breitegrad, d) die subarktische (kalte) Zone vom 58. Breitegrad bis zum Polarkreis.

§ 8. Wäre die Erdoberfläche ganz gleichmäßig beschaffen, wäre die Erde eine glatte, trockene Kugel mit trockener Atmosphäre, so würden alle klimatischen Erscheinungen einfach und regelmäßig erfolgen, es würden alle gleichweit vom Aequator entfernt liegenden Orte gleich stark erwärmt werden, ja man könnte die Wärmemenge, die ein beliebiger Punkt der Erdoberfläche nothwendig von der Sonne an einem gewissen Tage erhalten müßte, berechnen, und jeder Tag des Jahres müßte dem gleichnamigen aller andern Jahre gleichen. Diese Voraussetzungen sind aber thatsächlich nicht vorhanden; die Erdoberfläche zeigt vielfache Erhöhungen und Vertiefungen, ist auch keine gleichmäßige Masse, sondern mit sehr verschiedenen Stoffen (Wasser, Eis, Steine, Erdarten, Pflanzen 2c.) bedeckt, welche alle ein ganz verschiedenes Aufnahms- und Ausstrahlungsvermögen für Wärme besitzen, die Atmosphäre ist auch nie ganz trocken sondern stets mit örtlich und quantitativ veränderlichen Mengen von Wasserdämpfen und Wasserdünsten gemengt, die einen wichtigen Einfluß auf die Erwärmung ausüben. Alle diese Umstände zusammen bewirken, daß auf den einzelnen Punkten der Erdoberfläche die, der Lage des Punktes zum Aequator entsprechenden klimatischen Verhältnisse theils andauernd, theils in periodischen Zeitabschnitten mehr oder weniger abgeändert werden.

§ 9. **Die Jahreszeiten.** Da die Erdaxe (Verbindungslinie des Nordpoles mit dem Südpole) nicht senkrecht zu der Bahn der Erde um die Sonne steht, sondern gegen diese senkrechte Richtung unter einem Winkel von $23^1/_2{}^0$ geneigt ist, und diese Richtung der Erdaxe beim Umlaufe der Erde um die Sonne sich stets parallel bleibt, so erscheint uns die Sonne bald höher bald tiefer über dem Horizont, bald nördlich oder südlich vom wahren Ostpunkte auf- und vom wahren Westpunkte unterzugehen. Diese veränderliche Stellung der Sonne zur Erde (richtig ausgedrückt muß es heißen: der Erde zur Sonne. — Warum?) bewirkt die Aenderung der Jahreszeiten, welche wir in folgenden für die Verhältnisse der nördlich gemäßigten Zone näher betrachten wollen, wobei zur Vermeidung von Mißverständnissen die uns geläufigere Ausdrucksweise, von der *sich bewegenden* Sonne zu sprechen, beibehalten werden soll.

§ **10.** Am 21. März passirt die Sonne den Himmelsäquator, um von der südlichen auf die nördliche Himmelskugel überzugehen. An diesem Tage geht die Sonne genau im Ostpunkte auf und im Westpunkte unter. Tag und Nacht sind gleich lang, und die Mittagshöhe, zu welcher die Sonne ansteigt, beträgt 40^0 d. h. sie steht zur Zeit ihrer größten Tageshöhe, nämlich am Mittag, 40^0 über dem Horizonte. Wir haben *Frühlingsanfang.*

§ **11.** Von nun an entfernt sich die Sonne in nördlicher Richtung rasch vom Aequator, sie geht nördlich vom wahren Ostpunkte auf

und nördlich vom wahren Ostpunkte unter; die Tage nehmen zu, der Boden und die Atmosphäre bleiben länger und länger dem erwärmenden Einflusse der immer steiler auffallenden Sonnenstrahlen ausgesetzt, die Lufttemperatur muß also steigen.

Allmählig wird die Zunahme der Tagesdauer und der Mittagshöhe langsamer, bis endlich am 21. Juni die Sonne ihre größte nördliche Breite erreicht und damit auch der längste Tag (in unserer Breite von 16 Stunden) und die größte Mittagshöhe der Sonne von 63½° eintritt. Die Sonne steht jetzt in dem Wendekreis des Krebses und wir haben Sommeranfang.

§ 12. Nach dem längsten Tage nimmt die Tagesdauer und die Mittagshöhe der Sonne erst langsam, dann rascher ab und mit der rascheren Abnahme beider stellt sich auch ein Sinken der Luftwärme ein. Am 22. September passirt die Sonne abermals den Aequator, um auf die südliche Hälfte der Himmelskugel überzugehen. Tag und Nacht sind wieder gleich lang, und die Sonne geht wieder im wahren Ostpunkte auf und im wahren Westpunkte unter. Wir haben Herbstanfang.

§ 13. Von nun an geht die Sonne südlich vom wahren Ostpunkte auf und vom wahren Westpunkte unter; die Nächte werden länger als der Tag; die Mittagshöhe der Sonne nimmt mehr und mehr ab, bis sie am 21. Dezember, als am kürzesten Tag (in unserer Breite von 8 Stunden) ihr Minimum von 16½° erreicht hat. Wir haben Winteranfang. Da zu dieser Zeit die Wirkung der ohnehin sehr schräg auffallenden Sonnenstrahlen nur auf die wenigen Stunden des Tages beschränkt ist, und der Boden während der langen Nächte noch Wärme durch Ausstrahlung verliert, so muß die Lufttemperatur bedeutend sinken.

Die Sonne, welche zu dieser Zeit im Wendekreis des Steinbockes angelangt ist, nähert sich nun wieder dem Aequator, den sie am 21. März erreicht.

§ 14. Für das mittlere Deutschland ist im Laufe des Jahres der Gang der Lufttemperatur folgender:

Von der Mitte Januar steigt die Temperatur bis gegen Mitte Juli, um von da an allmählig bis gegen die Mitte Januar wieder abzunehmen. Das Steigen und Fallen der Temperatur ist am langsamsten zur Zeit der beiden Solstitien, d. i. zur Zeit des längsten und kürzesten Tages, am raschesten um die Zeit der beiden Aequinoktien, d. i. zur Zeit der Tag- und Nachtgleichen.

Die drei heißesten Monate Juni, Juli und August bilden den Sommer, die Zeit, in welcher die kräftigste Entwickelung der Vegetation vor sich geht. Den Winter bilden die drei kältesten Monate Dezember, Januar und Februar, während welcher die Vegetation fast gänzlich ruht. Während des Frühlings, März, April und Mai, findet ein

allmähliges Erwachen, während des Herbstes, September, Oktober und November, ein allmähliges Absterben der Pflanzenwelt statt.

§ 15. Eine Eigenthümlichkeit des Verlaufes der jährlichen Wärme sind die Rückfälle der Temperatur, welche zu bestimmten Zeiten, besonders aber Ende April und Mitte Mai in vielen Jahren eintreten und nicht selten die Hoffnungen ganzer Landstriche zerstören. Besonders gilt dieses von den Maifrösten, vor denen man sich in Süddeutschland erst nach den sogenannten drei Eisheiligen Pankratius, Servatius und Bonifazius (12. bis 14. Mai) gesichert hält. Die Maifröste treten gewöhnlich bei heiterem, mittelstarkem Nordostwinde auf, zu einer Zeit, wo in Rußland kurz vorher das Eis geschmolzen ist. Dieses Schmelzen findet erst statt, wenn bei uns längere Zeit der warme Südwest geweht, die Blüthen hervorgelockt und sich endlich den Weg nach Rußland gebahnt hat. Durch das Schmelzen der ungeheuren russischen Eismassen wird sehr viel Wärme gebunden, die Luft dadurch bedeutend abgekühlt, und setzt sich unmittelbar über dem Erdboden in umgekehrter Richtung der Strömung in den höheren Schichten, also in der Richtung von Nordost gegen Südwest in Bewegung und gelangt zu uns als kalter Nordostwind. Die seltener vorkommenden Junifröste scheinen nicht russischen, sondern grönländischen Ursprunges zu sein, sie kommen nicht mit dem Nordost, sondern mit dem Nordwest.

Die Rückfälle im Herbste sind außer dem bekannten Altweiber-Sommer weniger stark und zahlreich. Die Verbindung Europa's mit dem asiatischen Continente, welch letzterer im Oktober und November in seinem nördlichen Theile schon vollkommen in Schnee und Eis erstarrt, veranlaßt ein ziemlich gleichförmiges Sinken der Temperatur. Wenn dieses Sinken auch ruhig vor sich geht, so wird doch der November hiedurch der häßlichste Monat des Jahres, der Spätherbst die unbeliebteste Jahreszeit Europa's, während der Frühling trotz seiner Rückfälle durch seine milde Wärme alle Herzen gewinnt.

§ 16. Der oben beschriebene Wechsel der Jahreszeiten bezieht sich, wie bereits bemerkt, nur auf jene Gegenden, welche etwa unsere geographische Breite haben; in südlicheren wie nördlicheren Gegenden gestaltet sich die Sache wesentlich anders.

Unter höheren Breiten wird die Dauer des kürzesten Tages immer geringer, die Sonnenhöhe wird immer unbedeutender, die Sonnenstrahlen nehmen sonach eine immer schrägere Richtung an, die Winterkälte und die Dauer des Winters muß also gegen die Pole hin immer zunehmen. Der Sommer wird dagegen nur von kurzer Dauer sein, aber immerhin beträchtlich warm. Die Uebergangsjahreszeiten Frühling und Herbst werden immer mehr und mehr verschwinden.

Innerhalb der Polarkreise fallen die Sonnenstrahlen selbst zur Zeit der größten Sonnenhöhe noch so schräg auf, daß sie trotz der langen Tagesdauer keine kräftige Erwärmung hervorzubringen vermögen und nicht im Stande sind die gewaltigen Schnee- und Eisablagerungen des langen und strengen Winters vollständig in flüssige Form überzuführen. Statt des Sommers tritt nur eine mehr oder weniger bedeutende Unterbrechung in der Stenge des Winters ein. So steigt z. B. das Thermometer unter dem 70.° nördl. Breite selbst im Sommer selten über den Eispunkt und unter dem 80.° schmilzt der Schnee gar nicht mehr weg. Alle Vegetation ist hier erstorben und nur wenige Thiere und der überall ausdauernde Mensch beurkunden Leben und Thätigkeit.

Während des Sommerhalbjahres wird der Nordpol der Erde von der Sonne unausgesetzt beschienen, für ihn geht die Sonne dieses halbe Jahr lang gar nicht unter; gleichzeitig ist der Südpol in halbjährige Nacht gehüllt. Für den 80. Grad nördlicher Breite geht die Sonne um die Zeit der Sommersonnenwende (21. Juni) während 134 Tagen nicht unter, der 70. Grad bleibt 65 Tage unausgesetzt beleuchtet, der nördliche Polarkreis endlich sieht an diesem Tage die Sonne während 24. Stunden nicht untergehen, sie berührt nur um Mitternacht den nördlichen Horizont.

In den südlicheren Gegenden wird der Winter immer milder, weil einestheils die Sonnenstrahlen in steilerer Richtung als bei uns zur Erde fallen, und weil anderentheils die Wintertage länger werden. In der gleichen Weise wie die Temperatur des Winters nimmt jedoch die Sommertemperatur nicht zu, weil in Folge der kürzeren Sommertage die Erde weniger lang den erwärmenden Strahlen der Sonne ausgesetzt ist.

Innerhalb der Wendekreise verschwindet der Character unserer Jahreszeiten fast ganz, während am Aequator das ganze Jahr hindurch Tag und Nacht gleich lang sind, dauert an den Wendekreisen der längste Tag 13½, der kürzeste immer noch 10½ Stunden; in den Erwärmungsverhältnissen können daher hier erhebliche Gegensätze nicht auftreten. Das Jahr zerfällt hier in zwei Jahreszeiten, nämlich in die trockene heiße Jahreszeit und in die Regenzeit. Hinsichtlich der Temperatur sind beide nicht besonders auffallend von einander verschieden. Wenn die Sonne mit ihren glühenden Strahlen die Pflanzenwelt zu vertilgen droht, überzieht sich der Himmel mit trübem Gewölke, es beginnt der tropische Regen, der mit Ausnahme einiger Tage und Stunden mehrere Monate anhält.

§ 17. **Tägliche Lufttemperatur.** Wenn die Sonne, nachdem sie aufgegangen ist, höher und höher über dem Horizont sich erhebt, so muß die immer kräftiger wirkende Einsaugung der Sonnenwärme durch die Luft und die Oberfläche der Erde ein Steigen der Lufttem-

peratur zur Folge haben. Während aber der Erde durch die Sonnenstrahlen Wärme zugeführt wird, verliert sie auf der andern Seite Wärme durch Ausstrahlung gegen den kälteren Himmelsraum. Im allgemeinen halten sich Einsaugen und Ausstrahlen das Gleichgewicht, d. h. die Summe der Wärme, welche die Erde durch die Sonnenstrahlen empfängt, ist derjenigen gleich, welche sie durch Ausstrahlung verliert.

Wenn die Sonne ihren höchsten Tagesstand erreicht hat, so ist die Temperatur der Erdoberfläche noch keineswegs so hoch gestiegen, daß sie eben so viel Wärme gegen den Himmelsraum ausstrahlen könnte, als sie in jedem Augenblicke durch die Sonnenstrahlen empfängt. Deshalb dauert das Steigen der Lufttemperatur noch über Mittag fort, und erst in ein bis zwei Stunden nach dem höchsten Stande der Sonne, also Nachmittags gegen zwei Uhr, wenn ihre Höhe schon merklich abgenommen hat, tritt ein Gleichgewichtszustand zwischen Einsaugung und Ausstrahlung ein. Das Maximum der täglichen Temperatur findet deshalb erst zwischen ein und zwei Uhr Nachmittags statt.

Beispiele für ähnliche Vorgänge finden wir im täglichen Leben mehrere. Ein Backofen, oder ein gewöhnlicher thönerner Zimmerofen erlangt seine höchste Temperatur nicht dann, wenn das Feuer am stärksten brennt, sondern erst einige Zeit später.

Von nun an aber gewinnt bei der immer mehr und mehr sinkenden Sonne die Ausstrahlung das Uebergewicht, die Temperatur sinkt, erst langsam, dann rascher in den Abendstunden. Während der Nacht, wo gar keine Einsaugung von Wärme stattfindet, dauert das Sinken der Temperatur mit abnehmender Schnelligkeit fort, bis sie kurz vor Sonnenaufgang ihr Minimum erreicht hat.

§ 18. Da im Sommer, in Folge der steiler auffallenden Sonnenstrahlen und des längeren Tages, die Erde viel stärker erwärmt wird, als im Winter, so ist zur Sommerszeit auch das Ausstrahlungsvermögen ein viel größeres als im Winter, also der Unterschied zwischen Tages- und Nacht-Temperatur im Sommer größer, als im Winter. Für München beträgt z. B. die Differenz zwischen der höchsten und niedrigsten Temperatur eines Tages im Monat Januar durchschnittlich nur 2°C. während diese Differenz im Monat Juli 6,2°C. beträgt.

§ 19. **Mittlere Temperatur der Tage, der Monate und des Jahres.** Wenn man von einer Mitternacht bis zur nächsten alle Stunden ein zweckmäßig aufgestelltes Thermometer beobachtet und aus den 24 Beobachtungen das Mittel nimmt, d. h. die Ergebnisse dieser 24 Beobachtungen zusammenzählt und in die hierdurch erhaltene Summe mit der Anzahl der Beobachtungen, hier also mit 24, theilt, so erhält man die mittlere Temperatur des Tages. Solche stündliche Beobachtungen sind aber sehr zeitraubend und mühesam, man hat daher

diese Arbeit zu vereinfachen gesucht. Beobachtungen dieser Art, lange genug fortgesetzt, führten nämlich zur Kenntniß bestimmter Regeln, nach denen man aus einer sehr geringen Anzahl zu bestimmten Stunden angestellter Beobachtungen die mittlere Tagestemperatur erhält. So erhält man die Tagestemperatur nahezu richtig, wenn man Morgens um 7 Uhr, Mittags 2 Uhr und Abends 9 Uhr die Lufttemperatur beobachtet und hieraus das Mittel nimmt. Auch um 7 Uhr Morgens und 7 Uhr Abends abgelesene Thermometerstände ergeben ein ziemlich genaues Mittel. Die von Humboldt aus vielseitigen Versuchen abgeleitete Regel, daß die Temperatur bei Sonnenuntergang der mittleren Tageswärme nahezu gleich komme, liefert in vielen Fällen ein von dem wahren Mittel zu stark abweichendes Resultat, als daß ihre Anwendung empfohlen werden könnte.

Hat man auf die eine oder andere Weise die mittlere Temperatur aller Tage eines Monats ermittelt, so erhält man die mittlere Temperatur des Monats, wenn man aus den sämmtlichen Tagesmitteln wiederum das Mittel sucht.

Die aus den 12 Monatsmitteln eines Jahres gezogene Mittelzahl gibt die mittlere Temperatur des Jahres an. In gleicher Weise erhält man aus den Mitteln der drei Sommermonate die mittlere Sommertemperatur und aus den Mitteln der drei Wintermonate die mittlere Wintertemperatur.

So ist für München die mittlere Jahrestemperatur + 7,3, die mittlere Sommertemperatur + 14,1 und die mittlere Wintertemperatur — 0,4° C. In Singaporel, nahe am Aequator ist die mittlere Jahrestemperatur + 21,6°, die Temperatur des heißesten Monats + 22,4° und die des kältesten Monats + 20,6° C.

Für Landsberg (48° 3′ nördl. Br. und 28° 35′ östl. L.) ergibt sich nach O. Sendtner's Beobachtungen für den jährlichen Gang der Wärme folgendes Resultat: Januar — 2,21; Februar + 0,69; März + 3,02; April + 6,90; Mai + 9,19; Juni + 11,85; Juli + 13,19; August + 12,91; September + 10,57; Oktober + 6,89; November + 1,81; Dezember + 0,41° R. Die mittlere Jahreswärme beträgt sonach + 6,27; die mittlere Sommerwärme + 12,65; die mittlere Winterwärme — 0,37° R. Meine eigenen, allerdings erst seit zwei Jahren eingeleiteten Beobachtungen ergaben: Januar — 0,15; Februar — 0,45; März + 4,20; April + 7,85; Mai + 7,95; Juni + 11,62; Juli + 13,60; August + 11,8; September + 11,21; Oktober + 7,32; November + 1,82; Dezember — 1,06° R. Die mittlere Jahrestemperatur wäre hienach + 6,31; die mittlere Sommertemperatur + 12,34 und die mittlere Wintertemperatur — 0,55° R.

§ 20. **Isothermen, Isotheren und Isochimenen.** Aus der Darlegung in § 8 ist ersichtlich, daß der Gang der Wärme für irgend einen Ort der Erdoberfläche von verschiedenen Umständen beeinflußt ist, und die Entfernung des Ortes vom Aequator für sich allein in Rechnung gezogen keinen sicheren Schluß über die Wärmeverhältnisse des

Ortes zuläßt. Eine klare Uebersicht über die Vertheilung der Wärme auf der Erde hat zuerst Humboldt gegeben, indem er auf der Karte alle jene Orte derselben Halbkugel mit einander durch Linien verband, welche eine gleiche mittlere Jahreswärme besitzen. Man nennt diese Linien Isothermen.

Aus dem Umstande, daß zwei Orte gleiche mittlere Jahreswärme haben, darf übrigens noch keineswegs gefolgert werden, daß sie auch sonst gleiche klimatische Verhältnisse besitzen. Die folgende Tabelle zeigt uns, daß dieses häufig nicht der Fall ist. Paris und New-York haben z. B. fast gleiche mittlere Jahreswärme von 8,6 und 8,7° R. in Paris ist aber die Temperatur des kältesten Monats + 1,5°, in New-York ist sie — 3,4°; New-York hat also einen weit kälteren Winter als Paris. Dagegen ist die mittlere Temperatur des heißesten Monats in Paris 15,0°, in New-York 18,3°; New-York hat also einen wärmeren Sommer als Paris. Bei gleicher mittlerer Jahrestemperatur hat also Paris einen gelinderen Winter und einen kühleren Sommer als New-York. Um also die Wärmeverhältnisse eines Landes kennen zu lernen, reicht es nicht aus, daß man weiß, welches seine mittlere Jahrestemperatur ist, man muß auch wissen, wie die Wärme auf die verschiedenen Jahreszeiten vertheilt ist. Eine bequeme Uebersicht über die Vertheilung der Wärme zwischen Sommer und Winter gewährt eine Karte, in welcher man alle Orte von gleicher mittlerer Sommertemperatur und alle Orte von gleicher mittlerer Wintertemperatur je unter sich durch Linien verbindet. Die Linien gleicher mittlerer Sommertemperatur heißen Isotheren und die Linien gleicher mittlerer Wintertemperatur heißen Isochimenen.

In nachfolgender Tabelle sind die Wärmeverhältnisse einiger hervorragenden Orte nach Dove und Lorenz in Reaumur'schen Graden aufgeführt. Die südliche Breite ist durch s bezeichnet, wo keine weitere Bezeichnung beigefügt ist, ist nördliche Breite verstanden.

	Geographische Breite.			Mittlere Temperatur des Jahres	des heißesten Monats.	des kältesten Monats.
Algier	36°	47′		14,3	19,8	9,3
Athen	37	58		13,7	21,1	6,0
Berlin	52	30		7,2	15,0	— 1,9
Capstadt	33	56	s.	15,3	19,5	11,4
Dresden	51	3		7,6	15,8	— 1,2
Dublin	53	21		7,6	12,8	2,9
Düsseldorf	51	14		8,8	15,3	1,4
Edinburg	55	58		6,7	11,9	2,4
Frankfurt a. M.	50	10		7,8	15,1	— 0,2
Gratz	47	4		7,3	15,7	— 2,3
Gibraltar	36	7		15,7	21,1	11,4
Kairo	30	2		17,8	23,9	10,7
Lissabon	38	42		13,1	17,8	9,1
London	51	30		8,3	14,0	2,2
Mailand	45	28		10,3	19,0	0,5
Melbourne	38	18	s.	11,1	15,5	7,1
Moskau	55	45		3,6	15,3	— 8,2
München	48	9		7,3	14,5	— 1,1
Neapel	40	52		12,2	19,0	6,5
New-York	40	43		8,7	18,3	— 3,4
Nordkap (Europa)	71	10		0,1	6,4	— 4,4
Ofen	47	31		8,4	17,4	— 1,5
Paris	48	50		8,6	15,0	1,5
Peking	39	54		10,1	22,0	— 3,0
Petersburg	59	56		3,4	14,1	— 8,4
Prag	50	5		8,1	16,7	— 1,9
Rio Janeiro	22	54	s.	18,6	21,4	15,6
Rom	41	54		12,7	19,5	5,8
Sebastopol	44	36		9,3	17,4	1,0
Stockholm	59	21		4,6	14,0	— 3,4
St. Bernhard	45	50		— 0,8	5,4	— 6,9
Straßburg	48	35		7,9	15,0	— 0,4
Triest	45	39		10,4	18,0	2,8
Tübingen	48	31		6,6	14,2	— 1,4
Veracruz	19	12		20,3	22,1	16,9
Wien	48	13		8,0	16,5	— 1,4

§ 21. **Land- und Seeklima.** Eine aufmerksame Betrachtung der vorstehenden Tabelle zeigt uns, daß die Differenz zwischen der höchsten und niedrigsten Temperatur eines Ortes um so größer wird, je weiter sich der Ort vom Meere entfernt. An den Meeresküsten herrschen kühle Sommer und milde Winter. Im Innern eines Landes heiße Sommer und kalte Winter. Der Einfluß, den solche klimatischen Verhältnisse auf die Vegetation ausüben ist sehr bedeutend. So wird z. B. an mehreren Orten Sibiriens bei einer mittleren Jahrestemperatur von — 8° R. während des kurzen aber heißen Sommers Weizen und Roggen auf einem Boden gebaut, welcher in einer Tiefe von einem Meter beständig gefroren bleibt, während auf der Insel Island bei einer weit höheren Jahrestemperatur und bei einer unbedeutenden Winterkälte an den Bau von Getreidearten nicht mehr zu denken ist, weil die niedrige Sommertemperatur nicht hinreicht, sie zur Reife zu bringen. Der Grund dieses Unterschiedes wird bei Besprechung der Wärmeverhältnisse der Gewässer erörtert werden.

Wiederholungsfragen.

Was versteht man unter dem Ausdrucke Klima? — Wodurch erhält die Erdoberfläche ihre Wärme? — Entwickeln die Sonnenstrahlen für sich allein schon fühlbare Wärme? — Welche um die Erde gezogen gedachte Linien theilen die Erdoberfläche in fünf Zonen? — Wo liegen die einzelnen Zonen? — In welche Unterabtheilungen können wir die gemäßigten Zonen eintheilen? — Warum werden nicht alle vom Aequator gleichweit abstehenden Orte gleich stark erwärmt? — Wodurch entstehen in den gemäßigten Zonen die vier Jahreszeiten? — Wann haben wir Frühlings- (Sommer-, Herbst-, Winter-) Anfang? — Welche Monate bilden den Sommer, Frühling, Herbst, Winter? — Wodurch erklären sich die Rückfälle der Temperatur? — Wie gestalten sich die Jahreszeiten in der kalten und wie in der heißen Zone? — Warum fällt das tägliche Maximum der Temperatur nicht mit dem höchsten Stande der Sonne zusammen? — Wann tritt das Minimum der täglichen Lufttemperatur ein? — Wie erhält man die mittlere Temperatur der Tage, der Monate und des Jahres? — Was sind die Isothermen, Isotheren und Isochimenen? -- Welches ist der wesentliche Unterschied zwischen Land- und Seeklima? —

Wärmeverhältnisse des Erdbodens.

§ 22. **Wärmestrahlung des Bodens.** Wir haben bisher nur die Temperatur der Luft besprochen und wenden uns nunmehr zur Temperatur der oberen Bodenschichten, welche je nach der Natur der Bodenfläche oft bedeutend von der Lufttemperatur verschieden sein kann.

Von der Wärme, welche die Sonne der Erde zuwendet, und von welcher auf dem langen Wege durch die Atmosphäre so viel zurückbehalten wird, daß der Erdboden nur $^2/_3$ bis $^4/_5$ davon empfängt, wird ein Theil von dem Erdboden wieder ausgestrahlt, ein anderer Theil wird durch Leitung tieferen Erdschichten zugeführt, und der Rest im Boden

zurückgehalten. Die von dem Erdboden ausgestrahlte Wärme wird zum größten Theile von der Atmosphäre zurückgehalten, nur ein kleiner Antheil (etwa $^1/_{10}$) kann in den kalten Weltraum entweichen und geht für uns verloren.

§ 23. Die Fähigkeit des Bodens zur Aufnahme der Wärme ist von der Art der Oberfläche, von der Bedeckung derselben, von der Zertheilung der Bodenart und von dem Feuchtigkeitsgehalte derselben abhängig. Das Gesetz, wonach Körper mit dunkler und rauher Oberfläche die Wärmestrahlen leichter aufnehmen, aber auch leichter wieder ausstrahlen, als helle und glatte Körper, wirkt hauptsächlich bestimmend auf die Erwärmung des Erdbodens ein. Je feuchter ferner ein Boden ist, desto mehr von der aufgenommenen Wärme wird zur Umwandlung des Wassers in Dampfform verbraucht, desto weniger kann also die aufgenommene Wärme im Boden wirksam werden.

Ein dunkler Basalt- oder Humusboden wird leichter durch die Sonnenstrahlen erwärmt, als heller Kalkboden. Ein nakter, des Pflanzenwuchses beraubter Boden wird durch die Sonne weit mehr erwärmt, als ein Wiesengrund. Im Innern der Wälder ist in Folge der durch die Blätter der Bäume stattfindenden Verdunstung zur Sommerszeit die Luft viel kühler als im Freien. Die Bedeckung des Bodens mit Schnee hindert sowohl die Aufnahme, als die Ausstrahlung der Wärme. Auch ist das Aufthauen und Verdunsten des Schnees durch das dabei stattfindende Binden von Wärme mit beträchtlicher Abkühlung der Luft und des Bodens verbunden. Es ist eine bekannte Erfahrung, daß unbedeckter Boden weit tiefer gefriert, als derselbe Boden unter einer Decke von Schnee. Der Schnee schmilzt bei Sonnenschein dort am leichtesten, wo dunkle Körper (Steine, Bäume Pfähle &c.) die Wärme leichter aufnehmen, und um sie herum wird die Erde zuerst blosgelegt.

§ 24. Der Feuchtigkeitsgehalt des Bodens wirkt in zweierlei Weise auf die Wärme ein. Die Feuchtigkeit wird nämlich erstens durch die Wärme verdunstet und diese daher in dem entweichenden Wasserdampfe gebunden, ohne dem Boden selbst zu Gute zu kommen; zweitens hat das Wasser eine sehr bedeutende spezifische Wärme, so daß es mindestens fünf mal so viel Wärme braucht als jede Art festen Erdreiches um gleich stark erwärmt zu werden. Der feuchte Boden wird daher weit mehr Wärme aufnehmen müssen, um auf den gleichen Grad erwärmt zu zu werden, als es bei trockenem Boden der Fall ist. Der feuchte Boden wird aber auch längere Zeit seine Wärme behalten können.

Die Wärme, welche ein Pfund Schnee oder Eis von 0° in Wasser von 0° zu verwandeln im Stande ist, würde hinreichen um 63 Pfund Wasser um 1° C. zu erwärmen, und um 1 Pfund Wasser von 100° C. in Dampf von 100° zu verwandeln, bedarf man eben soviel Wärme, daß man damit 430 Pfund Wasser um 1° C. erwärmen könnte.

Die Wärmemenge, welche erforderlich ist, um ein gewisses Wasserquantum um 1° in seiner Temperatur zu erhöhen, würde hinreichen um das fünffache Gewicht trockenen Erdreiches gleichfalls um 1° zu erhöhen, oder das gleiche Gewicht Erdreich auf 5° zu erhöhen.

§ 25. Je leichter ein Boden die Wärme aufzunehmen vermag, desto größer ist auch seine Ausstrahlungsfähigkeit. Die Wolken üben übrigens auf das Zurückhalten der Wärme an der Erdoberfläche einen nicht zu unterschätzenden Einfluß. Bei wolkenfreiem Himmel ist die Strahlung des Bodens gegen den kalten Weltraum eine ungehinderte; es wird daher auch in sternenheller Nacht die Temperatur des Bodens stets beträchtlich tiefer sinken, als die Wärme der Luft. Bei Nebel, oder mit niederen Wolken bedecktem Himmel indessen, werden die Wärmestrahlen, welche die Wolken von dem Erdboden aus treffen, von diesen wieder der Erde zurückgeworfen und es kann eine weitere Abkühlung des Bodens nicht stattfinden. Wolken in größeren Höhen hindern die Wärmestrahlung des Bodens nur unzureichend.

Aber auch bei heiterem Himmel kann die Ausstrahlung der Wärme unmerklich werden, wenn nämlich durch stark bewegte Luft dem Boden fortwährend neue warme Luftschichten zugeführt werden, welche ihm die ausgestrahlte Wärme wieder ersetzen.

Die Ausstrahlung des Bodens wird also nach dem bisher Gesagten geringer, somit die Bodenwärme größer sein an Orten mit häufigen Nebeln und wolkiger Atmosphäre (Inseln, Küstenstrichen). Die Ausstrahlung wird auf Höhen kräftiger wirken, als im Thale. Starker Pflanzenwuchs wird gleichfalls die Ausstrahlung befördern.

§ 26. **Vertheilung der Wärme im Boden.** Hiebei hat man den Gang der von der Oberfläche in das Innere des Bodens eintretenden Sonnenwärme von der in den Tiefen der Erde herrschenden Erdwärme zu unterscheiden.

Wegen der geringen Leitungsfähigkeit des Bodens für die Wärme kann die Wärme der obersten Bodenschichten nur sehr langsam in das Innere eindringen, umgekehrt verlieren aber auch, wenn die Oberfläche erkaltet, die tieferen Bodenschichten nur sehr langsam die einmal aufgenommene Wärme; es werden daher die Temperaturschwankungen schon in geringer Tiefe unbedeutender sein als an der Oberfläche. In Deutschland verschwinden bei einer Tiefe von 6 Dezimetern die täglichen Temperaturschwankungen, und in einer Tiefe von 24 Metern verschwinden sogar die jährlichen Schwankungen, so daß hier beständig eine Temperatur herrscht, welche nur wenig von der mittleren Jahrestemperatur des Ortes abweicht.

Dringen wir weiter in die Tiefe, so finden wir eine stetige Temperaturzunahme. Diese ist keineswegs eine Folge der Einwirkung

der Sonnenwärme auf den Erdboden, stammt vielmehr von der Eigenwärme der Erde her. Erklärt wird diese Erscheinung durch die Annahme, daß sich das Innere der Erde noch gegenwärtig in feuerflüßigem, also glühendem Zustande befinde. Daß wir von dieser ungeheueren Hitze im Innern der Erde auf der Oberfläche nichts merken, läßt sich durch das schlechte Leitungsvermögen der erkalteten Erdkruste erklären. Das Vorkommen heißer Quellen, deren Temperatur mit der Tiefe, aus der sie kommen, zunimmt und bei manchen fast die Temperatur des siedenden Wassers erreicht, sowie die von Zeit zu Zeit sich wiederholende Thätigkeit der Vulkane, bestätigen die eigenthümliche Wärme der Erde. Vielseitige Untersuchungen berechtigen zu der Annahme, daß durchschnittlich für je 30 m. Tiefe die Bodentemperatur um 1° zunimmt. Nehmen wir an, daß diese Zunahme der Temperatur auch für größere Tiefen gilt, so würden wir schon in einer Tiefe von 300 m. die Temperatur des siedenden Wassers, in der Tiefe von 5 Meilen aber eine Hitze antreffen, in welcher auch Felsen wie der Granit, sich in geschmolzenem Zustande befinden müßten. Die Quelle von Burtscheid hat eine Temperatur von 78°, Karlsbad 74°, Wiesbaden 70°, Baden 67°, Aachen 57°, Ems 56°, Teplitz 48°, und die Geyser der eisbedeckten Insel Island sprudeln siedheißes Wasser hervor.

§ 27. Außer der durch die Sonne gelieferten Wärme besitzen die oberen Schichten des Erdbodens noch eine andere Quelle für Wärme, nämlich die Zersetzung organischer Stoffe. Bei der Fäulniß aller aus dem Thier- und Pflanzenreiche herrührenden Stoffe entwickelt sich bekanntlich eine größere oder geringere Menge von Wärme. Absterbende Pflanzen und Pflanzentheile sowohl, als der in den Erdboden gebrachte Dünger entwickeln sonach eine bestimmte Menge von Wärme. So gering dieselbe in einem einzelnen Falle auch sein mag, immer ist sie von beachtenswerthem Einflusse im Frühjahre beim Erwachen der Vegetation und beim Keimprozesse, indem dadurch eine gleichmäßigere Temperatur erzeugt wird, da diese Wärmequelle auch zur Nachtzeit, wo die während der Tageszeit aufgenommene Sonnenwärme ausgestrahlt wird, in Thätigkeit bleibt und den Verlust der Wärme wieder ersetzt.

Wiederholungsfragen.

Nimmt der Erdboden alle ihm durch die Sonnenstrahlen zugeführte Wärme in sich auf? — Hat die Farbe des Bodens Einfluß auf seine Erwärmungsfähigkeit? — Warum ist im Innern der Wälder zur Sommerszeit die Luft kühler als im Freien? — Warum gefriert ein mit einer Schneedecke bedeckter Boden nicht so tief, als unbedeckter Boden? — Warum bewirkt das Aufstreuen von Kohlenpulver, Ruß oder Asche auf Schnee ein rascheres Schmelzen desselben? — Wie wirkt die Feuchtigkeit des Bodens auf dessen Erwärmung? — In wie ferne wirken Nebel und niedrige Wolken auf den Boden erwärmend? — Wa-

rum wirkt starker Pflanzenwuchs erkältend auf den Boden? — Ist die in tieferen Erdschichten wahrzunehmende Wärme eine Folge der Erwärmung der Erdrinde durch die Sonnenstrahlen? — Welche Erscheinungen sprechen dafür, daß die Erde im Innern eine eigene Wärme besitzt? — Zeigen sich im Erdboden dieselben Temperaturschwankungen wie an der Oberfläche? — Wodurch wird in den oberen Schichten des Erdbodens Wärme erzeugt? — In wie ferne wirkt der Dünger im Boden wärmeerzeugend? — Warum erkalten Sand und Stein viel rascher als Wasser? — Wie kommt es, daß in der afrikanischen Wüste des Nachts die Temperatur so tief und anhaltend unter den Gefrierpunkt sinkt, daß das Wasser in den Schläuchen gefriert, während die Mittagstemperatur über 40° steigt? —

Wärmeverhältnisse der Gewässer.

§ 28. **Verhalten des Wassers zur Wärme.** Wasser wird durch die Sonnenstrahlen nicht so stark erwärmt, als die festen Theile der Erdoberfläche; denn das Wasser strahlt erstens die empfangene Wärme in höherem Grade wieder aus als der feste Boden, läßt zweitens die Wärmestrahlen leichter als der feste Boden bis in eine gewisse Tiefe eindringen, so daß es nicht nur an der Oberfläche sich erwärmt, sondern auch in seinen tieferen Schichten, und braucht drittens eine viel größere Menge Wärme um dieselbe Temperatur anzunehmen, wie das feste Erdreich. Wasser leitet die Wärme schlecht, gibt sie also nur langsam weiter, behält sie aber um so länger. Hieraus folgt, daß die Oberfläche des Wassers durch die Sonnenstrahlen nicht so warm, durch Ausstrahlung nicht so kalt werden kann, wie der feste Boden, daß also die Wärme in demselben einen viel gleichmäßigeren Gang durchmacht. Größere Wassermassen übertragen dieses Verhalten gegen die Wärme auch den angrenzenden Ländern. Das Wasser hat bekanntlich bei einer Temperatur von etwas über 3° C. seine größte Dichtigkeit, also auch sein größtes Gewicht. Da sowohl eine Erhöhung als auch eine Erniedrigung der Temperatur die Dichte des Wassers ändert, so wird die Wassermasse im Innern beständigen Strömungen unterworfen sein, indem sich die schwereren Wassertheilchen senken und die leichteren sich erheben. Im Winter kühlt sich die Temperatur des Wassers an der Oberfläche allmählig bis zum Gefrierpunkte ab; diese abgekühlte Wasserschichte bleibt, weil spezifisch leichter, an der Oberfläche und gefriert bei weiterer Abkühlung. Da die unter der schützenden Eisdecke befindlichen schwereren und wärmeren Wasserschichten nur langsam ihre Wärme abgeben, so kommt es nur in sehr strengen Wintern vor, daß Wassermassen von einiger Tiefe bis auf den Grund gefrieren.

§ 29. Die Eisbildung in Flüssen geht oft in anderer Weise vor sich, als bei stehenden Gewässern. An manchen Stellen entsteht das Eis, wie bei stehendem Wasser zuerst an den rascher abgekühlten Ufern

und verbreitet sich von diesen aus allmählig über die ganze Oberfläche. Meist aber entstehen an vielen Stellen der Oberfläche kleine Eisflocken, welche sich allmählig vergrößern, bis sie die ganze Oberfläche bedecken, sich an- und auf einander schieben und endlich zu einer krustigen Masse erstarren. Die ersten Eisflocken scheinen bisweilen bei seichten Gewässern auf dem Grunde zu entstehen, indem dieser bei heiterem Himmel seine Wärme rascher ausstrahlt, als das darüber fließende Wasser und hiedurch unter den Gefrierpunkt erkaltet. Diese Eisbildungen am Boden der Flüsse, das sogenannte Grundeis kann unter günstigen Umständen bedeutend zunehmen und endlich in mächtigen Schollen an die Oberfläche treten.

§ 30. Eine besondere Berücksichtigung verdienen noch die Wärmeverhältnisse der Quellen. In den meisten Fällen können wir annehmen, daß das zur Speisung der Quelle dienende, von den atmosphärischen Niederschlägen herrührende Wasser nahezu die mittlere tägliche Lufttemperatur besitze. Bei dem Einsickern dieses Wassers in die feste Erdschichte wird dasselbe allmählig die Temperatur der Bodenschichte annehmen, in welche es gelangt; je länger es dort verweilt, desto vollständiger werden die Temperatur des Wassers und die der umgebenden Bodenschichten miteinander übereinstimmen, so daß als Regel angenommen werden kann, daß die Temperatur einer Quelle gleich ist der Bodentemperatur in der Tiefe, aus welcher die Quelle kommt. In unseren Breiten stimmt die Temperatur der meisten Quellen mit der mittleren Jahrestemperatur des Ortes überein.

Wiederholungsfragen.

Warum wird Wasser bei gleicher Zufuhr von Wärme nicht so stark erwärmt wie der feste Erdboden? — Warum gefrieren tiefe stehende Wassermassen nicht bis auf den Grund? — Warum haben Küstenorte einen kühleren Sommer und einen milderen Winter als Binnenorte? — Wie bildet sich das Grundeis? — Warum gefriert im Herbste das Wasser in größeren Massen noch nicht, wenn auch das Thermometer einige Grade unter Null steht? — Warum schmilzt im Winter der Schnee nicht sogleich, wenn das Thermometer sich über den Nullpunkt erhebt? — Welche Temperatur besitzen in der Regel unsere Quellen? —

Wärmeverhältnisse der oberen Luftschichten.

§ 31. **Temperaturabnahme in der Höhe.** Die atmosphärische Luft empfängt, wie bereits erwähnt, ihre Wärme: 1) durch direkte Sonnenstrahlen, 2) durch Rückstrahlung der Wärme von der Erdoberfläche, 3) durch Mittheilung oder Leitung von der Letzteren. Weil die unmittelbar über dem Boden gelagerte Luftschichte dichter und somit empfänglicher ist für die Aufnahme von Wärme, als die höheren

Schichten, so werden diese unteren Schichten weit mehr erwärmt, als die oberen. Durch das Erwärmen dehnt sich jeder Körper, auch die atmosphärische Luft, aus, sie wird dadurch leichter und steigt in die Höhe, eine kühle Luftschichte strömt an ihre Stelle, um alsbald nach erfolgter Erwärmung sich gleichfalls zu erheben. Hiedurch werden wir zunächst zu der Annahme verleitet, daß die oberen Luftschichten wärmer seien, als die unteren. Daß aber das Gegentheil dieser Annahme der Wirklichkeit entspricht, wird sofort klar werden. Da die oberen Luftschichten viel dünner sind, als die unteren, so muß sich die erwärmte Luft beim Aufsteigen ausdehnen, dadurch aber wird Wärme gebunden, ihre Temperatur muß sinken und so kommt es, daß die oberen Luftschichten kälter sind als die unteren.

Daß eine solche Abnahme der Temperatur in den höheren Luftschichten wirklich stattfindet, davon kann man sich überzeugen, wenn man zu diesen höheren Regionen hinaufsteigt, mag man sich nun in einem Luftballon erheben oder die Gipfel hoher Berge besteigen. Die Erfahrung hat gezeigt, daß durchschnittlich für je 200 Meter Erhebung die Lufttemperatur um 1° C. sinkt.

Eine Folge der mit der Höhe abnehmenden Temperatur ist, daß der während der kalten Jahreszeit niederfallende Schnee durch die geringe Wärme des Sommers nicht vollständig in flüßige Form umgewandelt werden kann, so daß in jenen Regionen stets Schnee liegen bleibt. Wir bezeichnen jene Höhe mit dem Namen Schneegrenze. Diese Grenze des ewigen Schnees liegt um so höher, je mehr man sich der heißen Zone nähert und um so niedriger, je näher man an die Pole gelangt. So erreicht man die Schneegrenze an der Küste von Norwegen bereits bei einer Höhe von 720 m. über dem Meere, auf der Insel Island liegt sie 936 m., in unseren Alpen 2700 m., im Himalayagebirge und in Mexiko 4500 m. hoch. Die mittlere Jahrestemperatur• welche der Schneegrenze in Bayern entspricht beträgt — 1,2° R.

Einfluß der Wärme auf die Pflanzenwelt.

§ 32. **Beginn der Vegetation.** Da die Winterruhe der Pflanzen durch das Sinken der Temperatur unter den Gefrierpunkt bedingt ist, so wird auch das Erwachen aus derselben von dem Steigen der Wärme abhängig sein müssen. Sobald die Bodenwärme eine Temperatur von + 4 bis 5° C. erreicht hat, kann der Saft in die Wurzeln eindringen und weiter geleitet werden.

Das erste Anzeichen vom Wiederbeginne der Vegetation ist das Schwellen der Knospen. Je näher sie am Boden sind, um so eher werden sie von dem aufsteigenden Safte erreicht, um so eher entwickeln

sie sich. Völlig unterbrochen ist übrigens das Pflanzenleben im Winter nicht, da die Knospen schon während des Winters etwas dicker werden, und ein Baum im Herbste gepflanzt früher treibt, als ein anderer, der zu Ende des Winters gepflanzt ist.

§ 33. Für das Gedeihen sehr vieler Pflanzen, namentlich unserer meisten Kulturgewächse, ist es aber nicht hinreichend, daß dieselben im Laufe eines Jahres eine gewisse Menge Wärme empfangen, sondern es ist außerdem nöthig, daß die Wärme auch eine bestimmte Höhe erreicht und diese Temperaturhöhe eine gewisse Zeit hindurch anhält. So bedarf die Gerste zur Reife einer drei Monate andauernden Wärme von wenigstens 7° C. Da sich diese Temperatur auf die Zeitdauer dreier Monate weit nach Norden hin vorfindet, so kann die Gerste noch in ziemlich nördlich gelegenen Gegenden mit Erfolg gebaut werden; dagegen kann diese Pflanze wenig in Gebirgslagen unserer Breite zur Reife gelangen, da hier die Wärme im Sommer zwar wohl noch höher steigt als bis zu 7° C. aber nicht drei Monate lang anhält. — Unsere Obstarten reifen bei 8 bis 10° C. Sommerwärme; wo diese Temperatur nicht erreicht wird, kommen dieselben nicht zur Reife.

Auch die einzelnen Entwicklungsperioden der verschiedenen Pflanzen bedürfen verschiedener Mengen von Wärme; die meiste Wärme muß denselben vom Blühen bis zur Fruchtreife zugeführt werden.

Im allgemeinen sind die Pflanzen an bestimmte Temperaturen gebunden. Die Pflanzen des Nordens oder unserer Gebirge gehen nach einigen Jahren zu Grunde, wenn sie in südlichere oder tiefer gelegene Orte verpflanzt werden, wo ihnen die erforderliche längere Winterruhe fehlt. Ebenso gedeihen die Pflanzen wärmerer Klimate gar nicht, oder nur unvollkommen, in nördlichen Gegenden.

§ 34. **Schädliche Wirkung der Hitze.** Zu große Wärme schadet den Pflanzen vorzugsweise durch das damit verbundene Verdunsten des Wassers in dem Boden und den Pflanzensäften und das dadurch hervorgerufene Austrocknen. Bei Mangel an Feuchtigkeit welken die Pflanzen in der Hitze alsbald und können in Folge dessen zu Grunde gehen (Steppen). Feuchte Wärme dagegen schadet den Pflanzen erfahrungsgemäß nicht.

§ 35. **Schädliche Wirkung des Frostes.** Wie große Hitze, so kann auch große Kälte den Pflanzen verderblich werden. Das Erfrieren der Pflanzen kann sich auf die ganze Pflanze erstrecken oder auch nur einzelne Theile derselben treffen. In der Regel ist es aber nicht die niedrige Temperatur, ist es nicht das Gefrieren der Pflanzen, welche sie ganz oder theilweise tödet, sondern die nach dem Froste plötzlich eintretende Wärme, besonders das direkte Sonnenlicht, so daß man durch Bedecken der gefrornen Pflanzen, oder bei niedrigen Pflanzen durch

Begießen mit kaltem Wasser das Erfrieren verhindern kann. Ein Frost bei bedecktem Himmel schadet weniger, als bei hellem Wetter, da im ersteren Falle wegen der bedeckten Sonne die Erwärmung des Erdbodens nach Sonnenaufgang nur langsam stattfinden kann, während im letzteren Falle die gefrornen Pflanzen nach Sonnenaufgang rascher Erwärmung ausgesetzt sind. Unterirdische Pflanzentheile erfrieren selten, weil sie einerseits nicht so stark abgekühlt werden als die Oberfläche des Erdbodens und andererseits nicht unter zu rascher Erwärmung zu leiden haben.

§ 36. Sehr junge Pflänzchen, namentlich unsere Getreidearten, können auch, ohne direkt vom Froste beschädigt zu werden, dadurch zu Grunde gehen, daß sie ausfrieren. Ein plötzlicher Frost nämlich, welcher den Boden an der Oberfläche erhärtet, zieht die Pflänzchen in die Höhe, beim Aufthauen entblößen sich die oberen Würzelchen und das Pflänzchen verliert seinen Halt im Boden. Durch Wiederholen dieses Ausfrierens können die Pflänzchen völlig aus dem Boden herausgezogen werden.

Wiederholungsfragen.

Warum ist es auf hohen Bergen kälter als im Thale? — Was verstehen wir unter der Schneegrenze? — Wo nähert sich dieselbe am meisten der Oberfläche des Meeres? — Wovon ist der jährliche Wiederbeginn der Vegetation zunächst abhängig? — Ist das Pflanzenleben im Winter vollständig unterbrochen? — Genügt es zur Reife einer Pflanze schon, daß derselben überhaupt Wärme zugeführt wird? — Wodurch kann das Erfrieren gefrorner Pflanzentheile verhindert werden? — Warum schadet der Frost bei bedecktem Himmel weniger, als bei heiterem? — Wodurch können junge Pflänzchen ausfrieren? —

Druck und Strömungen der Luft.

§ 37. **Die Lufthülle der Erde.** Die atmosphärische Luft umgibt unsern Erdball bis zu einer Höhe von etwa zehn Meilen. Sie besteht aus 77 Gewichts- oder 79 Volum-Prozenten Stickstoff und 23 Gewichts- oder 21 Volum-Prozenten Sauerstoff. Außerdem enthält dieselbe in wechselnden Mengen Wasserdampf, Kohlensäure, Ammoniak, etwas Salpetersäure und zufällige mechanische Beimengungen wie Staub, Ruß 2c. Die meisten Schwankungen dieser Nebenbestandtheile erleidet der Wasserdampf.

§ 38. Die Luft ist, wie jeder andere Körper, der Schwere unterworfen, die einzelnen Lufttheilchen werden also von der Masse des Erdkörpers angezogen und dadurch verhindert, sich von der Erde aus in den Weltraum zu zerstreuen; sie nimmt Theil sowohl an der jährlichen, wie an der täglichen Bewegung der Erde. Aus diesem Grunde üben auch die tiefer gelegenen Luftschichten einen größeren Druck aus, als die höher gelegenen. Der Druck der Luft wird stets durch die Höhe einer

Quecksilbersäule, welche ihm das Gleichgewicht hält, also durch die Höhe des jeweiligen Barometerstandes gemessen. Daß die tieferen Luftschichten wirklich einen stärkeren Druck auszuhalten haben als höher gelegene, das beweisen uns die gleichzeitig in verschiedenen Höhen angestellten Barometerbeobachtungen. Am Meeresufer ist die Höhe des Barometerstandes durchschnittlich 760 mm.; sobald man sich aber über den Meeresspiegel erhebt, sinkt das Barometer um so mehr, je höher man steigt. Da mit der Erhebung über den Meeresspiegel der Luftdruck abnimmt und das Barometer sinkt, so kann das Barometer zu Höhenmessungen verwendet werden.

§ 39. Beobachten wir ein Barometer an einem und demselben Orte, so finden wir, daß die Quecksilbersäule keineswegs einen unveränderlichen Stand beibehält, daß sie vielmehr bald steigt, bald fällt, wodurch uns angezeigt wird, daß auch an einem und demselben Orte der Druck der Atmosphäre bald größer, bald kleiner ist. Wenn man von dem Barometerstande eines Ortes spricht und daraus etwa die Höhe des Ortes über der Meeresoberfläche bestimmen will, so ist darunter der mittlere Barometerstand, d. h. jene Quecksilberhöhe gemeint, welche dem Mittel aller jährlichen Barometerstände entspricht. Woher rühren nun diese Schwankungen?

Die Ursache aller Barometerschwankungen, welche uns zunächst eine Aenderung im Luftdrucke anzeigen, ist in der ungleichen und stets sich ändernden Wärmevertheilung auf der Erde zu suchen. Wenn an irgend einem Orte der Erde die Luft bedeutend erwärmt wird, so dehnt sie sich aus, wird gleichsam aufgelockert, spezifisch leichter, erhebt sich in Folge dessen über die benachbarten kälteren Luftregionen und zieht sich über denselben hin. Der Druck der Luft muß also an dem wärmeren Orte abnehmen, das Barometer wird daselbst sinken. Daß wirklich Temperaturveränderungen die Ursache der Barometerschwankungen sind, geht schon daraus hervor, daß in der heißen Zone, wo die Temperatur so wenig veränderlich ist, diese Schwankungen auch ganz unbedeutend sind, während sie in der kalten Zone, wo die Unterschiede der Temperatur immer bedeutender werden, in sehr hohem Grade auftreten. Aus dem Gesagten erklärt sich auch, warum in unseren Gegenden im Durchschnitte bei Südwestwinden das Barometer am tiefsten, bei Nordostwinden dagegen am höchsten steht. Die Südwestwinde bringen uns nämlich die warme, also dünnere und leichtere Luft aus den Aequatorialgegenden, während uns die Nordostwinde kalte, also dichtere und schwerere Luft aus den Schnee- und Eisfeldern Sibiriens zuführen.

In Europa sind im Durchschnitte die Südwestwinde auch die Regenwinde, weil sie, aus wärmeren Meeren kommend, mit Wasserdampf gesättigt sind, welcher sich nach und nach verdichtet und als Regen nieder-

fällt, wenn der Wind in immer kältere Gegenden gelangt. In dieser Verdichtung des Wasserdampfes ist ein weiterer Grund zu suchen, warum das Barometer bei Südwestwinden niedrig steht. So lange nämlich das in der Luft enthaltene Wasser als Wassergas einen Bestandtheil der Atmosphäre ausmacht, übt es gleich der atmosphärischen Luft einen Druck aus. Die Quecksilbersäule wird also nicht nur durch den Druck der Luft, sondern auch durch den Druck der Wasserdämpfe getragen; das Quecksilber muß also sinken, wenn der Wasserdampf durch Verdichten aus der Atmosphäre ausgeschieden wird.

§ 40. Da die Süd- und Südwestwinde, welche in unseren Gegenden ein Sinken des Barometers bewirken, uns auch in der Regel eine feuchte Luft zuführen und Regen bringen, während das Barometer steigt, wenn Nordostwinde wehen, welche die Luft trocken und den Himmel heiter machen, so kann man allerdings sagen, daß im allgemeinen ein hoher Barometerstand ein schönes Wetter, ein tiefer aber schlechtes Wetter anzeigt. Dies ist aber nur eine Durchschnittsregel, die überhaupt nur an solchen Orten einigermaßen ihre Gültigkeit hat, an welchen die warmen Winde zugleich auch die Regen bringenden sind.

§ 41. **Entstehung der Winde.** Zahlreiche Ursachen setzen die Luft in beständige Bewegung. Die wichtigste derselben ist wieder der ungleichen Erwärmung verschiedener Luftschichten zuzuschreiben. Wenn wir eine Thüre zwischen einem warmen und einem kalten Zimmer ein wenig öffnen, so strömt durch die Spalte oben warme Luft aus dem warmen in das kalte Zimmer, während unten kalte Luft in das geheizte Zimmer eindringt; in halber Zimmerhöhe heben diese gegenseitigen Strömungen sich fast auf. Von der Richtigkeit des Gesagten kann man sich leicht mit Hülfe einer Kerzenflamme überzeugen. Auch im Großen sieht man die Luft in den stärker erwärmten Gegenden aufsteigen und in der Höhe nach den kälteren Orten abfließen, während unten die kalte Luft aus den kälteren Gegenden den wärmeren zuströmt. Bei jedem Winde treten also eigentlich immer zwei entgegengesetzt gerichtete Ströme auf.

§ 42. Jede im Verhältniß zur Erdoberfläche fortschreitende Bewegung der Atmosphäre heißt Wind. Die zugleich mit der täglichen Axendrehung der Erde stattfindende Bewegung der Atmosphäre erzeugt keinen Wind, wird überhaupt für uns nicht fühlbar, weil ja auch wir an dieser Drehung Theil nehmen. Die Bezeichnungen: Lüftchen, Wind, Sturm, Orkan, sind nur ihrer Geschwindigkeit nach verschiedene Winde. In der Regel benennt man einen Wind nach der Weltgegend, von welcher er herweht.

§ 43. **Land- und Seewinde.** Diese Winde verdanken ihre Entstehung der ungleichen Erwärmung und Erkaltung des Festlandes und Wassers. Man beobachtet dieselben häufig an den Meeresküsten, nament-

lich aber auf Inseln. Einige Stunden nach Sonnenaufgang erhebt sich ein von dem Meere nach der Küste gerichteter Wind, der Seewind, weil das feste Land unter dem Einflusse der Sonnenstrahlen stärker erwärmt wird, als das Meer; über dem Lande steigt die Luft in die Höhe und fließt oben nach dem Meere hin ab, während unten die kältere Luft von dem Meere nach den Küsten strömt. Einige Stunden nach Sonnenuntergang macht sich eine entgegengesetzte Windrichtung bemerkbar; durch die Ausstrahlung der Wärme gegen den Himmelsraum erkaltet das Land rascher als das Meer, und nun strömt die wärmere Luft in den untern Regionen vom Lande nach dem Meere, und die kältere Luft in den oberen Schichten vom Meere zum Lande.

§ 44. **Passatwinde.** Diese Winde, welche eine merkwürdige Regelmäßigkeit zeigen, entstehen dadurch, daß die am Aequator in Folge der senkrecht auffallenden Sonnenstrahlen sehr stark erhitzte Luft sich erhebt, wodurch in den unteren Schichten von den beiden Polen her dichtere und kältere Luft nach dem Aequator zuströmt. Durch die Drehung der Erde um ihre Axe (von West nach Ost) werden diese Ströme von ihrer ursprünglichen, senkrecht gegen den Aequator gehenden Richtung abgelenkt, so daß sie für die nördliche Halbkugel eine nordöstliche, für die südliche Habkugel dagegen eine südöstliche Richtung annehmen. An der Grenze, wo beide Luftströme sich berühren, heben sich die Nord- und Südrichtungen derselben auf und vereinigen sich beide Luftströme in einen schwachen Ostwind. Man nennt diesen Erdgürtel in der Nähe des Aequators die Region der Windstille oder Calmen. Die Nähe des Festlandes wirkt in vieler Beziehung störend auf die Regelmäßigkeit der Passatwinde ein, wogegen sie in einer Entfernung von etwa 50 Meilen vom Festlande regelmäßig wehen und der Schifffahrt von großem Nutzen sind.

§ 45. **Winde der gemäßigten Zone.** Der obere Passatwind, welcher die erwärmte Luft der Aequatorialgegenden in den oberen Luftschichten gegen die Pole zuführt, senkt sich in dem Maße, in welchem er weniger warme Gegenden erreicht, immer mehr und mehr, und erreicht endlich auf der nördlichen Halbkugel als Südwestwind den Boden. Von nun an gehen daher die beiden Luftströmungen, welche die wärmere Luft vom Aequator nach den Polen und die kältere von den Polen nach dem Aequator führen, nicht mehr über einander, sondern neben einander her, sie streben einander gegenseitig zu verdrängen, bald erlangt der Südwest, bald der Nordost die Oberhand, und bei dem Uebergange aus einer dieser Windrichtungen in eine andere sehen wir die Zwischenwinde in allen Richtungen der Windrose wehen.

§ 46. **Winde im Gebirge.** Diese Winde treten im Gebirge oder in der Nähe der Gebirge, vorzugsweise in schmalen Thälern auf,

bilden sich jedoch auch an den Gehängen der Vorberge. Sie wehen am Tage in der Richtung gegen die Höhe zu, in der Nacht strömen sie dagegen thalwärts. Als Ursache dieser Luftströmungen ist das Aufsteigen der unten erwärmten Luft zu betrachten, die in Folge der durch die Wärmestrahlung des Thales größeren Erwärmung leichter geworden, sich in schiefer Richtung längs der Thalsohle hinzieht oder an der Neigung des Gehänges aufwärts streicht, was ihr leichter gelingt, als senkrecht in die Höhe zu steigen. Umgekehrt senkt sich nach Sonnenuntergang die auf den Höhen rasch erkaltende Luft längs der Neigung des Bodens herab und bewirkt dadurch in manchen für diese Strömungen besonders günstig gelegenen Gegenden selbst nach sehr heißen Sommertagen eine empfindliche Temperaturerniedrigung während der Nachtzeit.

§ 47. **Gesetz der Winddrehung.** Obgleich bei einer oberflächlichen Betrachtung in unseren Gegenden die Aufeinanderfolge der Winde ganz regellos zu sein scheint, so haben doch aufmerksame Beobachter schon lange die Bemerkung gemacht, daß die Winde in folgender Ordnung aufeinander folgen:

Süd (S.)
Südwest (SW.)
West (W.)
Nordwest (NW.)
Nord (N.)
Nordost (NO.)
Ost (O.)
Südost (SO.)
Süd (S.)

Die Winde folgen also in derselben Richtung aufeinander, in welcher sich der Zeiger einer Uhr fortbewegt.

Am regelmäßigsten läßt sich diese Drehung des Windes während des Winters beobachten. Dove schildert den Einfluß dieser Windänderungen auf die Temperatur und den Luftdruck folgendermaßen: „Wenn der Südwest immer heftiger wehend, endlich vollkommen durchgedrungen ist, erhöht er die Temperatur über den Gefrierpunkt, es kann daher nicht mehr schneien, sondern es regnet, während das Barometer seinen niedrigsten Stand erreicht. Nun dreht sich der Wind nach West, und der dichte Flockenschnee beweist eben so gut den einfallenden kälteren Wind als das rasch steigende Barometer, die Windfahne und das Thermometer. Mit Nord heitert der Himmel sich auf, mit Nordost tritt das Maximum der Kälte und des Barometers ein. Aber allmählig beginnt dieses zu fallen, und feine Federwolken zeigen durch die Richtung ihres Entstehens den oben eingetretenen südlicheren Wind, den das Barometer schon bemerkt, wenn auch die Windfahne noch nichts davon weiß

und ruhig Ost zeigt. Doch immer bestimmter verdrängt der südliche Wind den Ost von oben herab, bei entschiedenem Fallen des Quecksilbers wird die Windfahne Südost zeigen, der Himmel überzieht sich allmählig immer mehr, und mit steigender Wärme verwandelt sich der bei Südost und Süd fallende Schnee bei Südwest wieder in Regen. Nun geht es vom Neuem an, und höchst auffallend ist der Niederschlag auf der Ostseite von dem auf der Westseite gewöhnlich durch eine kurze Aufhellung getrennt."

Nicht immer läßt sich die Drehung des Windes so rein beobachten, wie es eben angeführt wurde, indem häufig ein Zurückspringen des Windes stattfindet; ein solches Zurückspringen wird aber weit häufiger bei Westwinden als bei Ostwinden beobachtet. Ein vollständiges Umdrehen des Windes in entgegengesetzter Richtung, also von S. nach O., N. und W. wird in Europa selten beobachtet.

§ 48. **Geschwindigkeit der Winde.** Hinsichtlich der Geschwindigkeit des Windes wurde gefunden, daß ein leiser aber doch wahrnehmbarer Luftzug, welcher Baumblätter bewegt, eine Geschwindigkeit von 1 m., daß dagegen ein Wind, der kleine Baumäste bewegt, eine Geschwindigkeit von 4—8 m. in der Sekunde besitzt, während ein starker Wind, der dicke Aeste schüttelt und Staub aufwirbelt 10—12 m. Geschwindigkeit hat. Ein Wind von 25—30 m. Geschwindigkeit ist ein Sturm, der Aeste abreißt; ein Wind vom 35—40 m. Geschwindigkeit ist ein Orkan, der Bäume und Schornsteine umstürzt und Dächer abdeckt.

§ 49. Der vorherrschende Wind im südlichen Bayern ist der Westwind. Nach ihm kommen in der Reihenfolge ihrer Häufigkeit der SW., NW., S., O., SO., NO., N. Drückt man die Häufigkeit des Westwindes durch die Zahl 100 aus, so ist (nach Lamont) das Häufigkeitsverhältniß der übrigen Windrichtungen: N. = 19, NO. = 40, O. = 46, SO. = 24, S. = 32, SW. = 37, W. = 100, NW. = 22. Nach der Jahreszeit sind die Winde so vertheilt, daß im Winter und Herbst S. und SW. im Sommer N. und NW. vorherrschen.

§ 50. **Einfluß des Windes auf die Temperatur.** Ebenso wie der Wind eine Folge der ungleichen Erwärmung neben einander liegender Luftschichten ist, ebenso ist er auf die Ursache von Temperaturveränderungen der Orte, welche er berührt, so daß jedem Winde an einer bestimmten Stelle der Erde eine bestimmte mittlere Temperatur entspricht. Die mehr nördliche Windesrichtung setzt im Sommer die Temperatur herab, die mehr südliche erhöht sie im Winter; im Frühling und Herbste ist dieser Einfluß von geringer Bedeutung. Bei SO. und S. Winden steigt das Thermometer, bei SW. geht es vom Steigen in's Fallen über,

bei NW. und N. fällt es, und bei NO. geht es vom Fallen in's Steigen über.

Hieraus folgt, daß dort, wo die Winde keinem raschen Wechsel unterworfen sind, auch der Gang der Wärme dadurch wenig beeinflußt wird, während der schnelle Wechsel der Windrichtungen in der gemäßigten Zone die Wärmeunterschiede bedeutend fühlbarer macht. Wo beim Wechsel der Winde eine Richtung vorherrscht, wird sie dem Klima eines Landes einen bestimmten, der Natur dieses Windes entsprechenden Charakter aufprägen. Das milde Klima der westeuropäischen Länder stammt zum großen Theile von dem Vorherrschen südwestlicher Winde, wie sie die Aequatorialströmung vom mexikanischen Meerbusen feucht und warm über den atlantischen Ocean herüberweht. Das östliche Europa und das angrenzende Asien empfangen nicht mehr diese feuchtwarmen Winde, sondern die trockene Luft der Sahara, welche bei der winterlichen Abkühlung Nordafrikas nicht einmal sehr erwärmend wirken kann.

§ 51. **Einfluß des Windes auf die Pflanzenwelt.** Die Pflanze nimmt einen großen Theil ihrer Nahrung aus der Atmosphäre. Da sie aber an ihrem Standorte befestigt ist, muß die Nahrung ihr durch die Bewegung der Luft, also durch Winde, zugeführt werden. Die Winde tragen somit durch Herbeiführung von Kohlensäure und Wasser wesentlich zur Ernährung der Pflanzen bei. Zugleich befördert der Luftzug die Verdunstung der Säfte aus den Blättern, wodurch wieder neue Säfte in der Pflanze aufsteigen können. Der Luftzug befördert aber auch die Befruchtung der Pflanzen, indem er die Uebertragung des Blüthenstaubes auf die Narben der Stempel befördert (Schwefelregen). Wenn während der Blüthezeit unserer Getreidearten Windstille herrscht, bemerkt man nicht selten, daß die Aehren sich nur lückenhaft mit Körnern füllen.

§ 52. Heftige Winde können aber dem Pflanzenleben auch nachtheilig werden. Es bewirken dieselben durch Kälte, starkes Austrocknen, oder durch Abbrechen von Zweigen und Aesten, selbst durch Umreißen ganzer Pflanzen ein mehr oder weniger tief eingreifendes Verkümmern eines Theiles der Vegetation. Wo starke Winde häufig aus einer Richtung wehen, sieht man aus der hievon abgewendeten Richtung der Zweige und Aeste deutlich ihre Spur. In Waldungen kann man die Windseite an der Rinde der Bäume erkennen, welche an derselben durch Flechten und Moose bedeckt ist. Nach dem Fällen der Bäume sieht man aus den Jahresringen gleichfalls die herrschende Windrichtung; die Jahresringe sind nämlich an der Windseite härter und weniger dick, als auf der entgesetzten Seite.

Wiederholungsfragen.

Welches sind die Bestandtheile der Atmosphäre? — Warum wird die Luft um so dünner, je weiter wir uns erheben? — Wodurch wird der Druck der Luft gemessen? — Wie groß ist der mittlere Barometerstand an der Meeresfläche? — Wodurch werden die Schwankungen des Barometerstandes hervorgerufen? · Warum sinkt bei uns in der Regel das Barometer bei Südwestwinden und steigt bei Nordost? — Wann unterstützt das in der Luft befindliche Wasser den Druck der Luft? — Worauf gründet sich die Anwendung des Barometers als Wetteranzeiger? — Wodurch entstehen die Winde? — Warum bringt die Luft durch ihre Theilnahme an der Axendrehung der Erde keinen Wind hervor? — Wodurch entstehen die Land= und Seewinde, und in welcher Weise machen sich dieselben bemerkbar? — Wodurch entstehen die Passatwinde, und in welcher Richtung wehen sie auf der nördlichen Erdhälfte? — Was veranlaßt die Winde im Gebirge? — Welches Gesetz befolgen die aufeinanderfolgen Windrichtungen? — Wie können wir die Winde hinsichtlich ihrer Geschwindigkeit eintheilen? — Haben die Winde auch einen Einfluß auf die Temperatur? — Welche Winde erhöhen, und welche erniedrigen bei uns die Temperatur? — Warum ist der westliche Theil Europa's verhältnißmäßig wärmer, als der unter gleicher Breite liegende östliche Theil? — Wodurch wird der Wind für die Vegetation nützlich? — Welchen Schaden können heftige Winde den Pflanzen zufügen? —

Die atmosphärische Feuchtigkeit.

§ 53. **Verbreitung des Wassers in der Luft.** Die atmosphärische Luft enthält stets wechselnde Mengen von Wasser, meist in Gestalt von Wasserdampf. Da nämlich die Atmosphäre beständig mit Wasser oder feuchter Erde in Berührung ist, so müssen ununterbrochen Wasserdünste entstehen. Diese suchen sich nach allen Seiten zu verbreiten und vermengen sich mit der Atmosphäre. Dieses atmosphärische Wasser ist, wie jedes andere farblose Gas, für unsern Blick in der Regel nicht sichtbar; nur wenn sich der Wasserdampf verdichtet, wird er uns, da er sich dabei schon wieder in kleine Wasserbläschen umgewandelt hat, als Nebel sichtbar.

Wenn wir in einem Glasgefäße mit engem Halse Wasser zum Sieden erhitzen und darin einige Zeit erhalten, so sehen wir aus dem Wasser Dampfblasen aufsteigen, die an der Oberfläche zerplatzen und zunächst farblosen, durchsichtigen Wasserdampf bilden. Dieser Wasserdampf sammelt sich unmittelbar über der Wasseroberfläche an und wird in Folge weiterer Dampfbildung allmälig aus dem Halse des Gefäßes entweichen. Dabei kommt er mit der äußeren, bedeutend kälteren, Luft in Berührung, verdichtet sich und vermischt sich, in nebelförmigen Wölkchen weiterziehend, allmälig mit der ihn umgebenden atmosphärischen Luft.

Diese Umwandlung des flüßigen Wassers in Dampfform erfolgt aber nicht blos bei der Siedehitze des Wassers, sondern — wenn auch langsamer — schon bei gewöhnlicher Lufttemperatur. Stellen wir z. B. eine mit Wasser gefüllte Schale ins Freie, so wird nach einiger Zeit die Menge des Wassers abgenommen haben, es wird zum Theil verdunstet sein.

Wasserdampf bildet sich also nicht nur bei hoher Temperatur, sondern bei jeder Temperatur, selbst tief unter dem Gefrierpunkte, immer aber gelangt derselbe auf dem gleichen Wege in die Luft, nämlich durch Verdunstung.

§ 54. **Verhalten des atmosphärischen Wassers.** Wasserdampf ist ein Gas, das sich in diesem Zustande eben so verhält, wie die Luft und sich daher in dieser genau so verbreitet, als ob ein luftleerer Raum vorhanden wäre. In einem mit Luft angefüllten Raume kann also genau eben so viel Wasserdampf enthalten sein, als in einem gleich großen und gleich erwärmten luftleeren Raume. Da die Menge des verdunstenden Wassers von der Temperatur abhängig ist, mit Zunahme derselben steigt und mit deren Abnahme sinkt, so wird warme Luft stets eine größere Menge an Wasserdampf enthalten können, als kältere. Wie die Dichte der Atmosphäre, so nimmt auch der Wassergehalt derselben mit der Höhe ab, es enthalten also tiefere Luftschichten stets mehr Wasserdampf, als höhere.

Wenn die Atmospäre eine größere Menge von Wasserdampf enthält, und sie erleidet aus irgend welchem Grunde eine Temperaturerniedrigung und zwar in einem solchen Grade, daß der Wasserdampf bei dieser niedrigen Temperatur als gasförmiger Körper nicht mehr in der Luft bestehen kann, so wird ein Theil desselben zu flüssigem Wasser verdichtet und bildet kleine Tröpfchen, welche die Luft verdunkeln und trübe machen. Diese Tröpfchen, welche sehr fein zertheilt sind, bleiben in der Luft, wenn die Abkühlung nicht weiter fortschreitet, schweben. Der jeweilige Temperaturgrad der Luft, bei welchem dieser Uebergang des Wassers aus dem gasförmigen in den flüssigen Zustand (unter gewissen Umständen auch in den festen Zustand) vor sich geht, heißt der Thaupunkt. Enthält die Luft soviel Wasserdampf, als sie bei ihrer Wärme überhaupt enthalten kann, so sagen wir die Luft ist mit Wasserdampf gesättigt.

§ 55. Die Verdunstungsmenge ist nun zunächst abhängig von der Temperatur der Luft, in welcher das Wasser verdunstet. Je wärmer die Luft ist, eine desto größere Menge Wasser kann in derselben verdunsten. In den Sommermonaten verdunstet daher bei uns durchschnittlich 8 bis 9 mal so viel Wasser als im Winter. Ferner ist die Verdunstung abhängig von dem Feuchtigkeitsgrad der Luft. Je feuchter eine Luftschichte, in welcher die Verdunstung vor sich gehen soll, bereits ist, eine desto geringere Menge Wasser kann verdunsten und desto langsamer wird die Verdunstung erfolgen. Daher trocknen die Wege, die Felder, die Wäsche u. s. w. bei dem wasserarmen Nordostwinde viel rascher, als bei dem feuchten Südwestwinde; der trockene März nimmt viel rascher jede Feuchtigkeit hinweg und ist deshalb für manche

Kranke viel gefährlicher, als der feuchte April trotz seiner Wandelbarkeit.

Ist eine Luftschichte mit Feuchtigkeit gesättiget, enthält sie also so viel Wasserdampf, als sie bei ihrer Temperatur überhaupt aufzunehmen im Stande ist, so hört jede weitere Verdunstung ganz auf.

Hieraus erklärt sich die Thatsache, daß an manchen warmen windstillen Sommertagen, wenn die Luft mit Feuchtigkeit gesättigt ist, nasse Wäsche durchaus nicht trocken werden will.

Weiter ist die Verdunstungsmenge auch abhängig von der Bodenbeschaffenheit. Eine mit Feuchtigkeit gesättigte Erdschichte kann in gleicher Zeit bedeutend mehr Feuchtigkeit verdunsten lassen, als eine gleich große Wasserfläche, da erstere vermöge ihrer zahlreichen kleinen Unebenheiten der Luft eine weit größere Oberfläche darbietet als letztere. Aus diesem Grunde ist auch nach starkem Regen die Verdunstung von der Erdoberfläche eine sehr bedeutende; mit Pflanzen bedeckter Boden, zu welchem die Atmosphäre ungehinderten Zutritt hat, wird überdieß bedeutend mehr Wasser verdunsten, als unter sonst gleichen Umständen pflanzenleerer Boden, weil nicht nur von der Oberfläche des Bodens, sondern auch aus den Spaltöffnungen der Blätter das Wasser verdunstet.

Eine Ausnahme hievon machen Waldungen, Wiesen und Moore, wenn sie eine dichte Decke von Laub oder Moos resp. von filzigem Rasen haben, weil hiedurch, indem die Luft abgesperrt wird, die Verdunstung in hohem Grade gehindert wird, so daß solche Grundstücke meistens feucht, sogar naß bleiben.

Endlich ist die Verdunstungsmenge auch noch abhängig von der Bewegung der Luft und von dem Luftdrucke. Je mehr durch Winde die bereits mit Dünsten angefüllte Luft entfernt und durch trockenere Luft ersetzt wird, desto rascher geht die weitere Verdunstung vor sich. Je geringer der Luftdruck ist, desto leichter können sich Wasserdünste bilden (Pulshammer) und desto mehr wird das Aufsteigen des Wasserdampfes in höhere Schichten erleichtert. Aus diesem Grunde geht das Verdunsten auf Bergen und Hochebenen viel rascher von statten, als im Thale.

§ 56. **Schwankungen der Luftfeuchtigkeit.** Da warme Luft mehr Feuchtigkeit aufzunehmen vermag als kalte und bei zunehmender Erwärmung der Erdoberfläche aus dem feuchten Erdboden und den Gewässern dadurch mehr und mehr Wasser verdunstet, so läßt sich wohl erwarten, daß der Wassergehalt der Luft im Laufe eines Tages ab- und zunehmen wird.

Die Erfahrung hat gezeigt, daß sich im allgemeinen die Menge des Wasserdampfes in der Luft vermehrt, wenn von Sonnenaufgang an die Temperatur steigt; jedoch dauert dieses nur etwa bis 10 Uhr Vor-

mittags, um welche Zeit ein, durch die starke Erwärmung des Bodens veranlaßter aufwärts steigender Luftstrom die gebildeten Wasserdämpfe mit in die Höhe nimmt, so daß der Wassergehalt der Luftschichten geringer wird, obgleich bei stets zunehmender Erwärmung die Bildung der Dämpfe fortdauert. Die Abnahme dauert bis gegen 4 Uhr Nachmittags. Um diese Zeit nimmt der Wassergehalt der unteren Luftschichten wieder zu, weil nun in Folge der allmälig eintretenden Abkühlung der Erdoberfläche die nach oben gerichtete Luftströmung aufhört, und somit der Wasserdampf nicht mehr in die Höhe geführt wird. Diese Zunahme des Wasserdampfes in den unteren Schichten dauert etwa bis gegen 9 Uhr Abends; von dieser Zeit an setzt die immer mehr sinkende Temperatur der Luft der ferneren Dampfbildung eine Grenze.

Dieses Verhalten gegen Wasserdampf zeigt die Luft indeß nur in den wärmeren Jahreszeiten und im Binnenlande. Im Winter fällt der höchste Feuchtigkeitsgehalt der Luft mit der höchsten Tagestemperatur (Nachmittags 2 Uhr), und der niedrigste Feuchtigkeitsgehalt mit der niedrigsten Temperatur (zur Zeit des Sonnenaufgangs) zusammen. An Küstengegenden wie über dem Meere zeigt die Luft fast das ganze Jahr hindurch ein gleiches Verhalten in Bezug auf Feuchtigkeit, wie im Binnenlande zur Winterszeit.

§ 57. Wir nennen die Luft trocken, wenn das Wasser rasch verdunstet und wenn befeuchtete Gegenstände hiedurch schnell trocken werden; dagegen nennen wir sie feucht, wenn nasse Gegenstände an der Luft nur langsam trocknen, wenn die geringste Temperaturerniedrigung feuchte Niederschläge bewirkt, und wenn etwas kältere Gegenstände sich mit Feuchtigkeit überziehen. Wir nennen die Luft also trocken, wenn sie weit von ihrem Sättigungspunkte entfernt ist, feucht dagegen, wenn der Thaupunkt der Lufttemperatur sehr nahe liegt. Wenn das Salz in der Küche feucht wird, unser Bart- und Haupthaar im Freien sich näßt, so zeigt uns dieses an, daß die Luft sehr feucht ist, während ein andermal das rasche Trocknen der Wäsche, oder das Welken und Verdorren der Pflanzen auf eine sehr trockene Luft schließen läßt. Wenn wir also die Ausdrücke feucht oder trocken für den Wassergehalt der Luft gebrauchen, so denken wir nicht an den wirklich vorhandenen Wassergehalt, so zwar, daß wir im Sommer eine Luft trocken und im Winter eine solche feucht nennen, obwohl die erstere vielleicht nochmal so viel Wasser enthält, als die letztere, denn erstere ist bei doppeltem Wassergehalte von ihrem Sättigungspunkte viel weiter entfernt, als letztere bei dem einfachen Wassergehalte.

Wenn z. B. an einem Sommertage bei einer Temperatur von + 25° C. ein Kubikmeter Luft 13 Gramm Wasserdampf enthält, so sagen wir, die Luft ist sehr trocken; denn bei dieser Temperatur könnte

jeder Kubikmeter Luft 22,5 Gramm Wasser enthalten. Wenn dagegen im Winter bei einer Temperatur von + 2° C. jeder Kubikmeter Luft nur 6 Gramm Wasserdampf enthält, so ist die Luft sehr feucht, denn für diese Temperatur ist die Luft beinahe vollständig mit Wasserdampf gesättiget und die geringste Temperaturerniedrigung bewirkt schon einen Niederschlag von flüssigem Wasser.

§ 58. Die Bildung des Wasserdampfes ist vorzugsweise von der Temperatur und der Menge des vorhandenen Wassers abhängig. Bei unbegrenztem Wasservorrathe werden sich um so mehr Wasserdämpfe bilden können, je höher die Temperatur ist, und bei gleicher Temperatur werden sich in wasserreichen Gegenden mehr Wasserdämpfe bilden können, als in wasserarmen. Daraus folgt, daß der absolute Wassergehalt der Luft unter sonst gleichen Umständen von dem Aequator nach den Polen hin abnehmen muß, und daß im Innern des Festlandes die Luft trockener, d. h. weiter von ihrem Sättigungspunkte entfernt ist, als auf dem Meere und an den Meeresküsten.

Der absolute Wassergehalt der Luft fällt mit dem Maximum und Minimum der Temperatur zusammen. Er ist im Monat Januar am geringsten, von da an nimmt er bis zum Monat Juli zu, wo er sein Maximum erreicht, dann nimmt er wieder ab bis zum Ende des Jahres.

Wiederholungsfragen.

In welchen beiden Formen kann das Wasser in der Luft enthalten sein? — Wann nennen wir eine Luft mit Wasserdampf gesättigt? — Wann sagen wir die Luft sei trocken, wann feucht? — Was versteht man unter dem Thaupunkt? — Welchen Einfluß übt die Lufttemperatur auf die Verdunstung des Wassers aus? Warum kann feuchte Luft nicht so viel Wasserdampf aufnehmen, als trockene Luft von gleicher Temperatur? — Warum trocknen feuchte Gegenstände bei Nordostwind rascher als bei Südwest? — Warum kann feuchter Erdboden eine größere Menge Wasser verdunsten, als eine gleich große Wasserfläche? — Welcher Boden vermag der Luft mehr Wasserdampf zu liefern, pflanzenleerer oder bewachsener, und warum? — Warum hindert eine dichte Laub- oder Moosdecke das Verdunsten des Wassers? — Hat der Wind auch einen Einfluß auf das raschere oder langsamere Verdunsten? — Warum geht bei hohem Luftdrucke die Verdunstung langsamer vor sich, als bei niedrigem? — Ist während eines Tages der Feuchtigkeitsgehalt der Luft stets gleich? — Reicht die Angabe des Wasserdampfgehaltes allein schon zur Beurtheilung des Feuchtigkeitszustandes der Luft aus? — In welchen Erdgürteln enthält die Luft mehr Wasser, und warum?

Die atmosphärischen Niederschläge.

§ 59. Wenn die Atmosphäre ihren Sättigungspunkt für Wasserdampf erreicht hat, so besitzt sie so viel Wasserdampf, als sie bei der herrschenden Temperatur überhaupt aufzunehmen im Stande ist. Erhöht sich nun die Lufttemperatur, so entfernt sich der Wassergehalt der Luft vom Sättigungspunkte, weil wärmere Luft eine größere Menge Wasser-

dampf aufzunehmen im Stande ist; tritt aber das Gegentheil, also eine Temperaturerniedrigung ein, so vermag die Luft allen in ihr enthaltenen Wasserdampf nicht mehr in dieser Form zu fassen und es tritt eine Verdichtung des überschüssigen Wasserdampfes in die flüssige, oder auch feste Form des Wassers ein. Diese Verdichtungsformen sind verschieden und wir können unterscheiden:

1) Thau und Reif, Beschlag, Rauhfrost und Glatteis;
2) Nebel und Wolken;
3) Regen und Schnee;
4) Hagel und Graupeln.

§ 60. **Thau und Reif, Beschlag, Rauhfrost und Glatteis.** Wenn ein kalter Gegenstand in feuchte warme Luft gebracht wird, so kühlt er diese in seiner nächsten Umgebung soweit unter den Thaupunkt ab, daß er sich mit dem aus der Luft ausgeschiedenen flüssigen oder festen Wasser beschlägt. Auf diese Weise kann aus der Atmosphäre ein Niederschlag entstehen, der sich auf der Erdoberfläche in flüssiger oder fester Form absetzt. Die Ursache eines solchen Niederschlages kann zweierlei Art sein. Entweder kühlt sich der feste Erdboden in Folge Ausstrahlung der Wärme mehr ab, als die auf ihm ruhende Luftschichte, und dann entsteht je nach dem Grade der Abkühlung Thau oder Reif; oder die zuerst trockene und kalte Luft wird durch eine feuchte, wärmere Luft verdrängt, und dann entsteht Beschlag, Rauhfrost oder Glatteis.

Das Gemeinsame aller dieser Niederschläge ist, daß sie nicht in flüssiger oder fester Form aus der Atmosphäre herabfallen, sondern sich unmittelbar an dem Erdboden bilden.

§ 61. Thau und Reif entstehen vorzugsweise in der Nacht, bei heiterem Himmel und ruhiger Luft. Wenn nach Sonnenuntergang der Himmel heiter und die Luft ruhig ist, so werden die verschiedenen Gegenstände auf der Erdoberfläche durch die nächtliche Ausstrahlung gegen den Himmelsraum mehr und mehr erkalten, so daß ihre Temperatur um mehrere Grade unter die Lufttemperatur herabsinkt. Die durch Ausstrahlung erkalteten Körper der Erdoberfläche erniedrigen auch die Temperatur der sie zunächst umgebenden Luftschichten, und wenn diese bis zum Thaupunkte erkaltet sind, so wird sich ein Theil des in ihnen enthaltenen Wasserdampfes in Form feiner Tröpfchen an die kalten Körper ansetzen.

Erniedriget sich die Temperatur des Bodens unter den Gefrierpunkt des Wassers, so kann sich der aus der Luft ausgeschiedene Wasserdampf nicht mehr in flüssiger Gestalt, sondern nur in Form von feinen Eisnadeln absetzen, und es entsteht der Reif.

Daß sich der Erdboden unter den vorerwähnten Bedingungen in der That stärker abkühlt als die ihn umgebende Luft, davon kann man sich überzeugen, wenn man ein Thermometer an einem heiteren windstillen Sommerabende zwischen die Grashalme einer Wiese, oder in einer sternenhellen Winternacht auf die Oberfläche des Schnees hält. Das Thermometer wird um mehrere Grade niedriger stehen, als ein wenige Fuße hoch über dem Boden frei aufgehängtes.

§ 62. Da nicht alle Körper gleich stark die Wärme ausstrahlen, so erkalten auch einige stärker als andere, und so kommt es, daß manche Körper stark mit Thau überzogen sind, während andere fast ganz trocken bleiben. Gras und Blätter erkalten besonders stark durch die nächtliche Strahlung, theils weil sie überhaupt ein großes Wärmeausstrahlungsvermögen besitzen, theils aber auch, weil sie frei in die Luft hineinragen, so daß ihnen vom Boden aus nur wenig Wärme zugeführt werden kann; man findet sie deshalb stärker bethaut und bereift, als Steine und den kalten Erdboden. Auch der Umstand, daß die Ackerkrume, namentlich wenn sie sehr humus- und thonreich ist, Wasser aus der Atmosphäre in sich aufnimmt, erklärt manche, die Thaubildung begünstigende oder verhindernde Erscheinungen.

Aus Vorstehendem läßt sich leicht erklären, warum Thau vorzugsweise in der warmen, Reif dagegen in der kalten Jahreszeit beobachtet wird; warum es in der Nähe großer Gewässer, überhaupt in wasserreichen Gegenden so stark thaut; warum Niederungen so oft vom Reife heimgesucht werden, während höhere Gegenden, wohin sich die warmen und daher leichteren Luftschichten erheben, nur bethaut werden; warum man Gewächse durch eine geringe Decke, z. B. durch Reisig, Stroh ꝛc. vor Reif schützen kann; warum der Thau nach Aufgang der Sonne wieder verschwindet.

§ 63. Eine Wolkendecke, welche den Himmel überzieht, hindert die Thaubildung oder vermindert dieselbe doch, weil sie die Ausstrahlung des Bodens verhindert. Auch wenn ein nur etwas kräftiger Wind weht, vorzugsweise bei Südwind, thaut es nicht, weil er beständig warme Luft mit der Erdoberfläche in Berührung bringt, wodurch derselben fortwährend Wärme zugeführt wird und die Luft vorbeistreicht, ehe sie bis zum Thaupunkte erkaltet werden kann.

Im Sommer nimmt die Menge des Thaues mit der Erhebung über die Meeresfläche zu. Die geringe Temperatur des Bodens auf Bergen muß einen beständigen Niederschlag aus den mit Wasserdampf geschwängerten aus der Tiefe aufsteigenden warmen Luftmassen zur Folge haben. In der That kann sich jeder Bergsteiger von der beständigen Bethauung höherer Bergpunkte überzeugen. Es ist nichts seltenes auf hohen Bergen im Sommer bei Sonnenschein das Gras um Mittag noch bethaut zu finden. Der Boden auf Bergen ist beständig feucht; selbst nach längerem Regenmangel findet man die Moosdecken, welche häufig die Steine überziehen, ganz mit Wasser durchdrungen.

§ 64. Der Umschlag kalter Witterung in warme wird sehr häufig durch den feuchten Beschlag bemerkbar, welcher den Erdboden, Gebäude und andere Gegenstände bedeckt. Diese Gegenstände wurden nämlich durch die vorhergegangene Kälte so weit abgekühlt, daß sie erkältend auf die nachfolgende feuchtwarme Luft wirken und dieser einen Theil ihres Wasserdampfes entziehen, der sich, soferne die Gegenstände nicht unter den Gefrierpunkt des Wassers erkaltet sind, als kleine Wasserbläschen auf denselben absetzen. Im Winter kann diese Abkühlung zum Entziehen bedeutender Massen von Feuchtigkeit Anlaß geben, welche dann in nadelförmigen Krystallen sich an hervorragende Gegenstände, insbesondere an Bäume ansetzen, die in Folge dessen mit Rauhfrost und Duftanhang bedeckt erscheinen. Dieser Niederschlag, der vom Reife wohl zu unterscheiden ist, kann die Zweige der Bäume so massenhaft bedecken, daß sie unter der Last brechen.

§ 65. Glatteis entsteht in der Regel, wenn nach großer Kälte plötzlich die Lufttemperatur über den Gefrierpunkt steigt. Es beschlägt sich dann der noch kalte Erdboden, indem er den ihn umgebenden Luftschichten einen Theil ihres Wasserdampfes entzieht, mit einer sofort gefrierenden Thauschichte, die besonders für Fußgänger dadurch gefährlich wird, daß sie alle Hervorragungen gleichmäßig überzieht und daher dem Fuße keinen Anhaltspunkt zu sicherem Auftreten bietet. Oft entsteht aber das Glatteis auch durch das Gefrieren eines feinen nebelartigen Regens.

§ 66. **Nebel und Wolken.** Findet die Abkühlung des Wasserdampfes in der Luft statt, ohne daß er sich an feste Körper anlegen kann, so bilden sich feine Wasserbläschen oder Tröpfchen (unter gewissen Umständen auch feine Eisnadeln), welche in ihrem massenhaften Erscheinen Wolken bilden. Beide Erscheinungen sind ein und dasselbe. Wolken sind Nebel, welche in den höheren Luftregionen schweben, und Nebel nennt man Wolken, welche auf dem Erdboden aufliegen oder auch in der Höhe den Beobachter umgeben.

Diese Wasserbläschen besitzen zwar ein weit größeres spezifisches Gewicht als die Luft, bleiben aber in dieser, so lange sie sich nicht bedeutend vergrößern, doch schweben, weil sie wegen ihrer feinen Vertheilung eine im Verhältniß zu ihrer Masse sehr große Oberfläche haben und daher nur sehr langsam sinken können, dann auch weil der wärmere Luftstrom aufwärts gerichtet ist und so dem Fallen der Wassertheilchen entgegenwirkt.

§ 67. Die Wolken und Nebel bilden sich, wenn die Luft mehr Feuchtigkeit enthält, als sie bei ihrer Temperatur aufgelöst enthalten kann. Eine solche Uebersättigung der Luft mit Wasserdampf kann auf

zweierlei Weise stattfinden, entweder durch Erniedrigung der Temperatur der Luft, oder durch Ineinandergreifen verschieden warmer Luftschichten.

§ 68. Die Erhebung der, durch die ausstrahlende Wärme des Erdbodens erwärmten Luft in die höheren Regionen ist stets mit einem Abkühlen dieser emporgehobenen Luftmasse verbunden. Die Verminderung des Luftdruckes, und die daraus folgende Raumvergrößerung ist es vorzüglich, welche die Luft erkaltet, dadurch einen Theil des in ihr enthaltenen Wasserdampfes in flüssige Form überführt und so Anlaß zur Wolkenbildung gibt. Nebenbei trägt aber auch die Mischung der aufsteigenden warmen mit der oberen kalten Luft hiezu bei.

Aus diesem Grunde bilden sich indeß in unseren Breiten nur im Sommer Wolken. Je mehr nämlich zu dieser Jahreszeit mit der steigenden Erwärmung Vormittags sich der aufsteigende Luftstrom entwickelt, um so mehr häufen sich die Wolken. Am Nachmittage können sie sich bis zur allgemeinen Bedeckung des Himmels steigern; doch Abends, wenn das Aufsteigen der feuchtwarmen Luft aufhört, verschwinden sie oft wieder völlig.

§ 69. Die allgemeinste Ursache zur Bildung von Wolken und Nebeln ist jedoch in dem Zusammentreffen ungleich erwärmter Luftströmungen zu suchen. Wenn zwei solche Strömungen, die nahezu mit Feuchtigkeit gesättigt sind, zusammentreffen, muß stets eine Ausscheidung von Wasserdämpfen, also eine Wolkenbildung erfolgen.

Der den Tag hindurch erwärmte Erdboden wirkt gegen Abend durch Ausstrahlung noch längere Zeit erwärmend auf die ihn zunächst berührende Luftschichte und theilt derselben zugleich eine, dem Grade ihrer Erwärmung entsprechende Feuchtigkeitsmenge mit, welche sich zu Nebel verdichtet, sobald sie mit der kalten, von der Höhe herabsinkenden Luft in Berührung kommt. Daher kommen die bei uns häufigen Nebel auf Wiesen und an Flüssen am Abend.

Die bei uns häufig auftretenden Herbstnebel entstehen durch die kalten Nord- und Nordostwinde. Der um diese Jahreszeit noch beträchtlich erwärmte Erdboden sendet nämlich der ihn berührenden Luftschichte Feuchtigkeit zu, die emporsteigend, unter der abkühlenden Einwirkung der genannten Winde sich sogleich wieder zu Wolken und Nebel verdichtet.

§ 70. Da die feinen Wasserbläschen oder Eisnadeln, aus denen die Wolken bestehen, bei ihrer fortschreitenden Vergrößerung trotz der in § 66 erwähnten entgegenstehenden Ursachen, der Wirkung der Schwerkraft unterworfen sind, so müssen sich dieselben doch allmählig senken, und man könnte deshalb meinen, jede Wolke müsse sich schließlich zu einem auf der Erdoberfläche ruhenden Nebel umgestalten. Dem ist nun im allgemeinen nicht so; denn die allerdings herabsinkenden kleinen Wasserbläschen können in dieser Form den Erdboden nicht erreichen, weil

die unteren Luftschichten in der Regel wärmer und mit Wasserdämpfen nicht gesättigt sind, die fallenden Wasserbläschen in diesen tieferen Luftschichten also wieder in Dampfform umgewandelt und so unserem Blicke entzogen werden. Während sich aber unten die Wasserbläschen in Dampfform auflösen, werden in den oberen Luftschichten wieder neue Wasserbläschen gebildet, und so kommt es, daß die Wolke unbeweglich in der Luft zu schweben scheint.

§ 71. Auf die eben angegebene Weise verhält sich eine Wolkenmasse allerdings nur in ruhiger Luft. In bewegter Luft werden die Wolken der in ihrer Höhe herrschenden Windrichtung folgen; ist der Wind abwärts gerichtet, so wird die ganze Wolkenmasse sich der Erdoberfläche nähern, im umgekehrten Falle dagegen immer mehr in die Höhe steigen. Durch solche aufsteigenden Luftströmungen erklärt sich auch das Steigen des Nebels.

§ 72. Die Wolken schweben also keineswegs ruhig in der Luft, sondern nehmen an den Bewegungen derselben Antheil, schreiten nach verschiedenen Weltgegenden fort, heben und senken sich. Daß die Wolken in der That bald höher, bald tiefer schweben, erkennt man leicht daraus, daß sie die Gipfel der Berge bald umhüllen, bald sie dem Auge frei geben. Nach muthmaßlichen Berechnungen erreichen nur sehr feine Wolken die Höhe einer Meile und darüber, die Regen- und Gewitterwolken ziehen meistens sehr tief, weil sie dichter und daher schwerer sind als die übrigen, erheben sich aber wieder, wenn sie einen Theil ihres Wassers durch Regen, Schnee ꝛc. verloren haben. Im Sommer schweben die Wolken höher als im Winter, und in der heißen Zone höher als bei uns. In der kalten Zone reichen sie fast stets bis auf den Boden herab. Das Treiben der Wolken geschieht meist mit großer Geschwindigkeit und häufig nach einer Richtung, welche der des Windes in den untern Regionen ganz entgegengesetzt ist. Die Farbe der Wolken richtet sich nach ihrer Dichte. Sehr dichte Wolken nehmen das Licht völlig in sich auf und erscheinen daher dunkel, dünnere Wolken lassen es zum Theil durch, sind daher mehr oder weniger weiß. Die in der Nähe der Sonne ziehenden Wolken gewähren nicht selten ein prächtiges Farbenspiel.

§ 73. Je nach dem Aussehen der Wolken kann man folgende Formen unterscheiden:

1) Die Federwolke besteht aus zarten, federartigen, gestreiften oder gelockten Fasern. Sie ist nach anhaltend schönem Wetter die erste Wolke, welche das Blau des Himmels bleicht, zeigt sich bei trockener Witterung mehr faserig, bei feuchter und bevorstehendem Regen mehr verwaschen. Mann vermuthet, daß dieselbe lediglich aus feinen Eisnadeln besteht. Unter allen Wolkenarten sind die Federwolken die höchsten.

2) Die Haufenwolke zeichnet sich durch ihre halbkugelförmige Gestalt aus und erscheint bald aus weißen, bald aus grauen oder schwarzen Wolken zusammen geballt. Sie entsteht bei ganz heiterem Himmel als ein kleines unregelmäßiges Wölkchen, das allmählig zu einer bedeutenden Größe anwächst. Manchmal thürmen sich die Haufenwolken in große Gruppen zusammen, die oft den Anblick ferner Schneeberge bieten. Sehr auffallend ist es, daß diese Wolken häufig an heiteren Tagen Morgens entstehen, bis zur größten Tageshitze wachsen, am Abende wieder verschwinden und ein reines Firmament zurücklassen.

3) Die Schichtwolken sind tiefliegende horizontale Wolkenstreifen, welche vorzugsweise bei Sonnenuntergang mit außerordentlicher Farbenpracht erscheinen. Sie entstehen besonders häufig an Tagen, deren Temperatur gegen die Nacht stark absticht.

Zwischen diesen Grundformen lassen sich noch die nachgenannten abgeleiteten Formen unterscheiden:

4) Die fedrige Haufenwolke, bekannt unter dem Namen Schäfchen, bildet weiße, kleine, runde, in Reihen geordnete Wölkchen, die oft in sehr bedeutenden Höhen schweben. Sie erscheinen besonders schön am Abende warmer Sommertage, und können nach anhaltend nasser Witterung für Vorboten einer besseren Zeit angesehen werden.

5) Die fedrige Schichtwolke ist eine Federwolke, die sich in Streifen oft über das ganze Firmament ausdehnt und dieses wie mit einem Schleier überzieht. Diese Wolke ist es, welche, wenn sie in dünnen Schichten am westlichen Himmel steht, das herrliche Farbenspiel der Abendröthe verursacht.

6) Die streifige Haufenwolke überzieht oft den ganzen Horizont mit einem blauschwarzen Farbenton und geht dann nicht selten in

7) die Regenwolke über.

§ 74. **Regen und Schnee.** Durch fortschreitende weitere Temperaturerniedrigung, oder durch Zuströmen von mehr Luftfeuchtigkeit selbst bei gleichbleibender Temperatur, werden die einzelnen Dunstbläschen der Wolken und Nebel größer und schwerer, vereinigen sich durch Aneinanderhängen und fallen, je nach der Temperatur der Luft in flüssigem oder festem Zustande, mitunter in beiden Formen zugleich, als Regen oder Schnee zur Erde nieder.

Auch ohne sich zu eigentlichem Regen zu gestalten, kann eine Wolke stark befeuchtend auf die Erde wirken, indem dieselbe sich als Nebel nahe zur Erde herabsenkt und die Nebeltheilchen mehr und mehr den Boden nässen, man nennt dieses das Nebelreißen oder Nebelrieseln, und stellt diese Erscheinung das Regnen in kleinsten Tropfen dar.

§ 75. Wenn der Regen durch Abkühlung höherer Luftschichten hervorgerufen wurde, so übertragen die Regentropfen diese Abkühlung auch

auf die unteren Luftschichten und den Erdboden; wir nennen einen solchen Regen einen kalten Regen. Wenn hingegen eine warme Luftströmung durch Eindringen in eine kältere Luftschichte den Regen brachte, so nennen wir denselben einen warmen Regen, weil durch ihn eine Erwärmung der unteren Luftschichten und des Erdbodens erfolgen wird.

§ 76. Nach der Verbreitung des Regens auf größere oder kleinere Landstrecken unterscheidet man Landregen und Strichregen; zu den letzteren gehören auch die mit elektrischen Erscheinungen verbundenen Gewitterregen. Nach der Heftigkeit, mit welcher der Regen niederfällt, können wir von Staubregen, Platzregen und Wolkenbrüchen sprechen.

§ 77. Die Messung der gefallenen Regenmenge pflegt man an eigenen Instrumenten, den sogenannten Regenmessern (Pluviometer) in der Weise vorzunehmen, daß man die Höhe in Millimetern angibt, bis zu welcher der gefallene Regen auf der horizontal gedachten Erdoberfläche stehen würde, wenn nicht Verdunsten, Abfluß und Einsickern in den Boden ihn wieder entfernen würde. In seiner einfachsten und bequemsten Form besteht der Regenmesser aus einem quadratischen oder cylindrischen Gefäße (meist aus Eisenblech,) das zum Auffangen des Regens dient und am bequemsten derart hergestellt wird, daß der obere Rand desselben die Größe eines Zehntel-Quadratmeters umfaßt. An der tiefsten Stelle desselben ist eine Oeffnung angebracht, durch welche das in das Auffanggefäß gelangte Regenwasser in ein darunter gestelltes gradirtes Glasgefäß abfließen kann. Die Eintheilung des Gefäßes geschieht am besten in der Art, daß jeder Theilstrich einer gefallenen Regenmenge von Einzehntel Millimeter Höhe entspricht.

Die Menge des gefallenen Schnees wird in der Art bestimmt, daß man dessen Höhe in geschmolzenem Zustande mißt.

§ 78. Die jährliche Regenmenge ist nach Zeit und Ort verschieden. In der Regel beträgt dieselbe um so mehr, je höher die mittlere Jahrestemperatur, mithin je größer das Maß der Verdunstung ist; sie ist am Aequator größer als bei uns und nimmt mit wachsender geographischer Breite ab. In der Nähe der Meere ist sie größer als im Binnenlande. Mit der Erhebung der Orte über die Meeresfläche nimmt sie zu, weil die Berge schon einen Niederschlag veranlassen, wenn sie von einem Strome feuchter Luft getroffen werden; daher die bedeutende Regenmenge in den Alpen. An einem und demselben Orte nimmt die Regenmenge mit der Höhe über dem Boden ab, wahrscheinlich weil die Regentropfen, indem sie durch die mit Wasserdampf gesättigte Luft herabfallen, sich fortwährend vergrößern. Uebrigens haben auf die jährliche Regenmenge auch der Zug der Gebirge, die vorherrschende Windrichtung und sonstige lokale Ursachen großen Einfluß. Die meisten Regentage fallen bei uns

auf Westwind, die wenigsten auf Ostwind. Die Anzahl der jährlichen Regentage beträgt bei uns durchschnittlich 146 Tage. In Deutschland übersteigt die 24stündige Regenmenge wohl niemals 80mm.; die stärksten Sommerregen geben kaum 30mm., und wenn die tägliche Regenmenge 40mm. erreicht, treten die Flüße aus ihren Ufern und verursachen ausgedehnte Ueberschwemmungen.

Nach den in letzter Zeit von Dove veröffentlichten Regenhöhen Deutschlands beträgt dieselbe für Bayern 900, für Württemberg 750, für die preußische Rheinprovinz 660, für Westpreußen 550 Millimeter; sie nimmt also von Süd nach Nord ab. Die Anzahl der Regentage dagegen nimmt in Europa von Süd nach Nord zu.

Auch die Vertheilung der Regenmenge auf die einzelnen Jahreszeiten ist sehr verschieden. Die an einem Regentage fallende Regenmenge beträgt für Deutschland durchschnittlich während des Winters 2,9; im Frühling 3,4; im Sommer 5,0 und im Herbste 3,9 Millimeter.

§ 79. Daß die Regenmenge nicht allein von der Zahl der Regentage abhängen kann, ist klar; denn es kommt ja nicht allein darauf an, an wie vielen Tagen es regnet; sondern auch wie viel es regnet. Wenn in nördlichen Gegenden die Zahl der Regentage zunimmt, so nimmt dagegen die Heftigkeit des Regens im allgemeinen ab, und so erklärt es sich z. B. daß in Petersburg die Zahl der Regentage zwar größer, die Regenmenge dagegegen geringer ist als in Rom. Im Durchschnitte kommen in Deutschland auf den Winter 38 und auf den Sommer 42 Regentage; die Anzahl der Regentage ist also im Sommer kaum etwas größer als im Winter, und doch ist die Regenmenge im Sommer ungefähr doppelt so groß als im Winter. In den Sommermonaten fällt oft bei einem einzigen Gewitter mehr Regen als sonst in mehreren Wochen.

§ 80. Das Regenwasser ist besonders in den Monaten März und April rein, weil zu dieser Zeit wegen der geringen Luftwärme noch keine, oder doch nur sehr wenig fremdartige Bestandtheile mit den aufsteigenden Dünsten in die Luft geführt werden; in warmen Sommermonaten enthält es dagegen mancherlei fremdartige Substanzen. Samenstaub, der durch Winde in die Luft geführt und durch den Regen wieder niedergeschwemmt wurde, gab Anlaß zu der Meinung vom Schwefelregen. Da der Regen, besonders nach langer Trockenheit belebend und erfrischend nicht nur auf die Pflanzen- sondern auch auf die Thierwelt einwirkt, so sehen wir nicht selten nach einem Regen Frösche und Regenwürmer, die bisher in ihren Schlupfwinkeln versteckt waren in großer Menge hüpfend und kriechend; dies hat Anlaß zu der Sage vom Thierregen gegeben.

§ 81. Obwohl die Regenwolken in der Regel niedriger schweben als andere Wolken, so befinden sie sich doch nicht selten in einer Region, in welcher der ausgeschiedene Wasserdampf zu feinen Eisnadeln erstarrt,

welche durch fortgesetzte Erniedrigung der Temperatur größer werden, eine regelmäßige, meist aus kleinen sechseckigen Sternchen bestehende Form annehmen und so Schneeflocken bilden, die häufig beim Herabfallen in tiefere Schichten sich durch Aneinanderhängen vergrößern.

Sind die unteren Luftregionen warm, so schmelzen die Schneeflocken ehe sie den Boden erreichen, und es regnet unten, während es in der Höhe schneit. Hieraus erklärt sich, warum es auf hohen Bergen schneit, während es im Thale regnet, warum sich im Winter der Schnee bis an die Meeresfläche herab erstreckt, warum es in heißen Ländern gar nicht schneit und in den kalten Ländern nicht regnet.

§ 82. Wenn an einem Orte während der kalten Jahreszeit mehr Schnee fällt, als in der warmen aufzuthauen vermag, so bleibt der Schnee das ganze Jahr hindurch liegen und der Ort liegt innerhalb der Grenze des ewigen Schnees. In unseren Alpen liegt diese Schneegrenze wie bereits erwähnt in einer Höhe von 2700 Metern. Außerhalb dieser Höhe muß sich die Schneedecke der Gebirge von Jahr zu Jahr anhäufen. Durch solche Anhäufungen werden allmälig Thäler von 30 bis 60 Meter und noch mehr Tiefe ausgefüllt und auf den Kuppen und Abhängen findet man Massen bis zu 12 Meter Mächtigkeit. Endlich aber wird in Folge des theilweisen Aufthauens während der Sommermonate ein Herabsinken dieser Schnee- und Eismassen in tiefere Regionen stattfinden. Geschieht dieses Herabsinken durch plötzliches Losreißen großer Schneemassen, so entstehen Lawinen, welche in den Alpenländern vorzugsweise im Frühjahre auf steilen Gehängen eine häufige Erscheinung bilden. Erfolgt dagegen das Herabsinken allmälig über sanft geneigte Abhänge, so treten Gletscherbildungen auf. Wie entsteht aber aus dem lockeren Schnee die feste Eismasse des Gletschers? Der in den Gebirgsmulden gesammelte Schnee erleidet durch abwechselndes Aufthauen und Wiedergefrieren bald eine Aenderung seines Gefüges. Das an der Oberfläche durch die warmen Sonnenstrahlen gebildete Schmelzwasser sickert, Luftblasen mit sich führend, in die Zwischenräume der darunter liegenden Schneekrystalle; beim Wiedergefrieren in der Nacht bilden sich dann locker aneinander liegende Eiskörnchen aus dem Schnee entsteht der Firn. Man kann einen ähnlichen Umwandlungsprozeß auch in der Ebene an jeder länger liegenden Schneedecke verfolgen. Je weiter nach unten, desto kräftiger wirken die umbildenden Ursachen, die Firnkörner werden immer größer, bis sie als unregelmäßig gestaltete klare Eiskörner aneinanderstoßen und sich zu anscheinend festem Gletschereis zusammenkeilen. Die Gletschermasse, abgleich aus sprödem Eise gebildet, kann vermöge ihrer Zusammensetzung aus einzelnen aneinander verschiebbaren Körnern, dem Zug der Schwere folgend, einem zähen Thonbrei vergleichbar, auf der geneigten Sohle des Gletscherthales langsam herabgleiten, allen Windungen

desselben folgen, durch Verengungen sich hindurchdrängen, in Erweiterungen sich ausbreiten. In demselben Maße als der Gletscher fortrückt, schmilzt er unten ab und wird von oben aus dem Vorrath der Firnmulde neu gespeist.

§ 83. **Hagel und Graupeln.** Schnee und Eis unterscheiden sich dadurch von einander, daß ersterer aus dem dampfförmigen, letzteres aus dem flüssigen Wasser erstarrt. Einen ähnlichen Unterschied zeigen Hagel und Graupeln. Der Hagel ist mehr festes, dichtes Eis, das höchst wahrscheinlich durch das Gefrieren der bereits gebildeten Wassertropfen in der Luft entstanden ist, während die Graupeln dicht zusammengeballte, durch Winde aneinander gestoßene und abgerundete Schneekügelchen sind.

Hagel fällt vorzugsweise in der wärmeren Jahreszeit, und zwar häufiger am Tage als bei Nacht und sein Fallen ist häufig mit elektrischen Erscheinungen verbunden; auch hört man meist vor dem Hagel ein eigenthümliches, rasselndes Geräusch.

Die Graupeln dagegen fallen mehr in den Jahreszeiten, wo die Temperatur in raschem Wechsel bald über, bald unter dem Gefrierpunkte steht, also vorzugsweise im Frühjahre und Herbste, doch beobachtet man sie bisweilen auch in den übrigen Jahreszeiten.

§ 84. Beide Erscheinungen, Hagel und Graupeln können dem Landwirthe in mehrerlei Weise schaden, insbesondere ist aber der erstere eine furchtbare Geisel des Landmannes. Hagel und Graupeln können einerseits durch die Kraft ihres Auffallens zartere, ja selbst kräftig entwickelte Pflanzentheile zerschlagen, sogar große Thiere töden, andererseits durch die mit ihrem Schmelzen verbundene Temperaturerniedrigung, namentlich wenn sie durch den gleich darauf fallenden Regen zusammengeschwemmt werden, die Vegetation strichweise vernichten. Der Hagel geht gewöhnlich den Gewitterregen voran; nie, oder wenigstens nur selten, folgt der Hagel auf den Regen, namentlich, wenn der Regen schon einige Zeit gedauert hat. Die Wolken, welche ihn bringen, scheinen eine bedeutende Ausdehnung und eine große Tiefe zu haben, denn sie verbreiten in der Regel eine große Dunkelheit; sie sind von eigenthümlicher grau-röthlicher Farbe, haben an ihrer Oberfläche unregelmäßige Hervorragungen und erscheinen an den Rändern zerrissen.

Die Größe und Gestalt der Hagelkörner ist sehr verschieden. Gewöhnlich sind sie von Haselnußgröße und kleiner, mitunter erreichen sie aber die Größe eines Taubeneies und erreichen in einzelnen Fällen ein Gewicht bis zu 100 Gramm. Die kleineren Körner sind in der Regel rund, manchmal aber auch abgeplattet, die größeren dagegen erscheinen durch das Zusammengefrieren mehrerer Körner eckig.

Die Zeitdauer eines Hagelfalles beträgt gewöhnlich nur einige Minuten, selten eine Viertelstunde, trotzdem ist in dieser kurzen Zeit der

Boden oft mehrere Zentimeter hoch mit Eis bedeckt. Meist erstreckt sich der Hagelschlag strichweise über eine Gegend. Manche Gegenden werden besonders häufig vom Hagelschlage heimgesucht, während andere eine Reihe von Jahren hindurch davor verschont bleiben.

Wiederholungsfragen.

Wann scheidet eine mit Wasserdampf gesättigte Luftschichte einen Theil ihres Wassergehaltes in flüßiger Form aus? — Wann entsteht Thau oder Reif? — Wann entsteht Beschlag oder Glatteis? — Warum erscheint ein mit Pflanzenwuchs bedeckter Boden stärker bethaut, als ein nakter Boden? — Wie kommt es, daß es nicht selten in Niederungen Reife gibt, während höher gelegene Orte nur bethaut werden? — Warum kann man Gewächse durch eine Decke von Stroh vor Reif schützen? — Warum kann es bei stark bewölktem Firmamente nicht thauen? — Wann entstehen Nebel und Wolken? — Warum läßt steigender Nebel auf schlechtes, fallender Nebel auf gutes Wetter schließen? — Warum bleiben die feinen Wasserbläschen der Nebel und Wolken eine Zeit lang in der Luft schweben? — Wodurch entstehen die bei uns häufig auftretenden Herbstnebel? — Bleiben die Wolken unverändert in der Höhe in der sie gebildet wurden, schweben? — Welche Arten von Wolken kann man mit Bezug auf ihre Gestalt unterscheiden? — Wodurch entsteht Regen und Schnee? — Wann entsteht das sogenannte Nebelrieseln? — Wann sprechen wir von warmem, und wann von kaltem Regen? — In welchem Erdgürtel regnet es am wenigsten, und in welchem am meisten? — Wie gestaltet sich das Verhältniß mit der Anzahl der Regentage? — Ist das Regenwasser reines Wasser? — Wie kommt es, daß es manchmal im Thale regnet, während es auf dem Berge schneit? — Wann entstehen Gletscher und wann Lawinen? — Wodurch unterscheiden sich Schnee und Eis? — Entstehen Hagel und Graupeln auf die nämliche Weise? — Wann fällt vorzugsweise Hagel und wann Graupeln? — Wodurch geben sich die Hagelwolken in der Regel schon beim Ansehen zu erkennen? — Warum fällt an den Meeresküsten mehr Regen als im Binnenlande? — Wie verhalten sich Gebirge, namentlich bewaldete, gegen Regen? — Warum kann sich in der Region des ewigen Schnees dieser nicht in's Unbegrenzte anhäufen? —

Der atmosphärische Kreislauf des Wassers.

§ 85. Die Vorgänge, welche wir in dem bisher Gesagten einzeln betrachtet haben, die Verdunstung des Wassers, der Niederschlag des Wasserdampfes in Form von Wolken, Regen, Schnee 2c. bilden in ihrer Gesammtheit einen rastlos sich vollziehenden Destillationsprozeß im großartigsten Maßstabe. Das Wasser verdunstet von der Oberfläche des Oceans, der Seen, Flüsse, des feuchten Erdbodens und aus den Pflanzen; aufsteigende Luftströme führen den Wasserdampf in höhere kältere Luftschichten, Winde entführen ihn nach kälteren Zonen; durch Abkühlung verdichtet er sich zu Wolken, aus denen Regen und Schnee niederfällt. Besonders wirksam für die Verdichtung sind die über die Schneegrenze emporragenden Hochgebirge. Diese stellen gleichsam mächtige Kühl- und Sammelapparate dar für die flüssigen oder festen Niederschläge. Das

Regen= oder Schneewasser, soweit es nicht sofort wieder von der Erdoberfläche verdunstet, strömt entweder direkt den Bächen und Flüssen zu und vermehrt die Wassermenge derselben, oder es dringt in den Boden ein, sammelt sich in der Tiefe und bricht an anderer Stelle als Quelle wieder hervor und unterhält so in regelmäßiger Weise den Wasserzufluß der Bäche und Flüsse. Jeder Gletscher ist als die Quelle eines Baches zu betrachten, der sein Wasser aus den auf den Hochgebirgen aufgehäuften Schneemassen bezieht. Die Bäche vereinigen sich zu Flüssen und Strömen, welche ihre Wassermassen wieder dem Meere zuführen, dem es ursprünglich durch Verdampfung entnommen wurde.

§ 86. Die ungeheueren Wassermengen, welche dem Meere unausgesetzt durch die Flüsse zugeführt werden, waren also ursprünglich bis zur Höhe der Wolken und Schneeregion emporgehoben worden. Die Kraft, welche sie emporhob, ist die Wärme der Sonne; durch sie wurde nicht nur das Verdampfen des Wassers bewirkt, sondern auch der dampfhaltigen Luft der Anstoß zum Aufsteigen gegeben.

Aus der Physik ist bekannt, daß bei Umwandlung eines flüssigen Körpers in den gasförmigen Zustand Wärme gebunden wird; diese Wärme wird wieder freigegeben bei der Verdichtung des gasförmigen Körpers. Aus den Aequatorialgegenden, wo durch die senkrecht auffallenden Sonnenstrahlen die Verdampfung des Meereswassers am lebhaftesten ist, wird ein großer Theil der Wärme, im Wasserdampf gleichsam eingeschlossen, durch die Passatwinde nach den gemäßigten und kalten Regionen fortgeführt und dort durch die allmählig stattfindende Verdichtung in fühlbare Wärme umgewandelt. Der Wasserdampf spielt also bei der Erwärmung der Erdoberfläche eine vermittelnde und ausgleichende Rolle, indem er einen Theil des Ueberflusses an Wärme, welche die heiße Zone empfängt, in sich aufnimmt, ihn nach den kälteren Erdstrichen fortführt und dort absetzt.

Wiederholungsfragen.

Woher empfangen die Flüsse und Ströme fortwährend Wasserzufluß? — In welcher Weise vermitteln die Hochgebirge den Kreislauf des Wassers? — In wie ferne läßt sich ein Destillirapparat mit dem Kreislaufe des Wassers vergleichen? — Auf welche Weise empfangen die gemäßigten und kalten Erdstriche einen Theil der Wärme aus der heißen Zone? — In wie ferne läßt sich die Einrichtung einer Dampfheizung mit diesem Vorgange in der Natur vergleichen? — Wodurch bewirkt die Wärme ein Aufsteigen des Wasserdampfes.

Elektrische Erscheinungen.

§ 87. **Die Elektrizität der Luft.** Zahlreiche Beobachtungen haben gezeigt, daß die atmosphärische Luft stets gewisse Mengen von Elek=

trizität besitzt, wenn auch dieselbe nicht immer so reichlich vorhanden ist, daß Entladungen stattfinden können. Die große Aehnlichkeit, welche zwischen den Wirkungen der künstlich erregten Elektrizität und denen eines Blitzstrahles besteht, führten auf die Vermuthung, daß in der Atmosphäre freie Elektrizität vorhanden sei, welche Vermuthung auch bald ihre vollste Bestätigung fand.

Eine Metallspitze, welche man frei in die Luft ragen läßt, ohne daß dieselbe von einem Dache überdeckt wird, und ohne daß höhere Gegenstände in der Nähe sind, wird stets Spuren von freier Elektrizität zeigen.

§ 88. Die Resultate, welche sich aus vielfachen Untersuchungen über die Luftelektrizität ergeben haben, sind kurz folgende:

Bei heiterem Himmel besitzt die Luft stets positive Elektrizität, und zwar im Winter mehr als im Sommer, bei ruhigem Wetter mehr als während eines Windes. Das aus der Luft fallende Wasser ist fast immer elektrisch, besonders im Sommer, und zwar theils positiv, theils negativ, ebenso zeigen Wolken und Nebel bald die eine, bald die andere Art der Elektrizität. Als eine Folge der Anhäufung der Elektrizität in der Luft ist das Leuchten der Spitzen an Thürmen, an Masten der Schiffe 2c. zu betrachten, welche Erscheinung man mit dem Namen Elias- oder Elmsfeuer bezeichnet.

§ 89. **Gewitterelektrizität.** Blitz und Donner sind die Gestalten, unter denen die elektrischen Entladungen in der Luft zu unserer Wahrnehmung gelangen; diese Entladungen in Verbindung mit atmosphärischen Niederschlägen, nennen wir Gewitter. Wir sind zu der Annahme genöthigt, die Entstehung des Blitzes — ähnlich dem Ausgleiche zweier entgegengesetzter künstlich erregten Elektrizitäten — der Entladung zweier sich nähernden und mit entgegengesetzter Elektrizität geladenen Wolkenmassen, oder auch der Entladung zwischen einer Wolke und dem Erdboden, zuzuschreiben.

§ 90. Ueberall auf der Erde sind die verschiedensten Thätigkeiten rege, in Folge deren sich Elektrizität erzeugt, die, durch den aufsteigenden Wasserdampf mit emporgeführt, sich allmählig in den Wolken ansammelt. Diese freie Wolkenelektrizität wirkt, wie jeder elektrische Körper, vertheilend auf die beiden auf der Erde gebundenen Elektrizitäten; die mit der Wolkenelektrizität gleichnamige Erdelektrizität wird abgestoßen, die entgegengesetzte dagegen angezogen und zunächst auf den höher gelegenen Punkten der Erdoberfläche, wie in den Gipfeln der Bäume, in Dachfirsten, Schornsteinen, Thurmspitzen u. s. w. angesammelt.

Es besteht also zwischen Wolke und Erde eine Spannung zweier entgegengesetzter Elektrizitäten, die sich zu vereinigen bestreben, während die dazwischen befindliche Luft (im trockenen Zustande) als schlechter Leiter der

Elektrizität der Vereinigung hinderlich ist. Aber dieses Hinderniß wird endlich überwunden, entweder wenn sich die Wolke stärker mit Elektrizität ladet, wodurch die Spannung vermehrt und der Leitungswiderstand der trockenen Luft überwunden wird, oder wenn die Wolke der Erde näher rückt, wodurch die trennende Luftschichte an Dicke abnimmt, oder wenn die Luft feucht wird, wodurch sie an Leitungsfähigkeit mit dem Grade ihrer Feuchtigkeit zunimmt, oder endlich, wenn hervorragende Gegenstände, wie Gebäude und Bäume sich der Wolke als Leiter entgegenstrecken; dann erfolgt ein Ausgleichen der beiden entgegengesetzten Elektrizitäten. Geschieht diese Ausgleichung plötzlich, so wird sie für uns bemerkbar in Gestalt eines zur Erde niederfahrenden Blitzes.

§ 91. Wie auf die Erde, so vermag eine stark mit Elektrizität geladene Wolke auch auf eine andere Wolke vertheilend einzuwirken, wodurch auf zwei Wolkenmassen eine beträchtliche Spannung entgegengesetzter Elektrizitäten hervorgerufen wird. Da die Wolken sich leicht nähern können, so wird auch von Wolke zu Wolke ein Ausgleich der Elektrizitäten in Gestalt eines von Wolke zu Wolke überspringenden Blitzes stattfinden können. Letzterer Ausgleich findet häufiger statt, als zwischen einer Wolke und der Erde.

§ 92. Die Blitze erscheinen entweder als gleichförmiger Lichtschimmer, oder als helle Zickzacklinien. Sie erstrecken sich manchmal über bedeutende Längen, selbst über eine Meile. Der Donner, der dem Unwissenden bei einem Gewitter den größten Schrecken verursacht, entsteht durch die Schwingungen der gewaltsam erschütterten Luft. Man sieht den Blitz fast gleichzeitig auf seiner ganzen Bahn, und auf der ganzen Strecke entsteht auch gleichzeitig der Knall; da sich aber der Schall im Vergleiche zu dem Lichte nur langsam verbreitet, (er legt in der Sekunde einen Weg von 330 Metern zurück, während die Elektrizität eine viele tausendmal größere Geschwindigkeit besitzt), so sieht man den Blitz früher, als man den Donner hört, und da der Schall aus allen Theilen der vom Blitze durchfurchten Luft wegen der verschiedenen Entfernungen nicht gleichzeitig an unser Ohr gelangen kann, und Wolken und verschiedene Gegenstände unserer Erdoberfläche ein Echo verursachen, so hören wir den Donner nicht als einen einzigen Schlag, sondern als ein länger oder kürzer andauerndes Rollen. In der Nähe des Ortes, wo der Blitz zur Erde niederfährt, vernehmen wir bekanntlich gleichzeitig mit dem Blitze einen einzigen prasselnden Schlag.

§ 93. Der Donner gibt uns ein bequemes Mittel an die Hand, die Entfernung eines Gewitters von unserem Standpunkte zu beurtheilen. Da Blitz und Donner gleichzeitig entstehen, die Fortpflanzung des Lichtes für irdische Entfernungen als eine augenblickliche betrachtet werden kann, der Schall aber in einer Sekunde einen Weg von 330 Metern zurück-

legt, so brauchen wir nur die Anzahl der Sekunden, welche zwischen Blitz und Donner vergehen mit 330 zu vermehren, um die Entfernung des Gewitters von unserem Standorte in Metern ausgedrückt zu erfahren. Verstreichen z. B. zwischen Blitz und Donner 12 Sekunden, so ist das Gewitter 12 $\times$ 330 = 3960 Meter von uns entfernt.

§ **94.** Blitze ohne hörbaren Donner nennt man Wetterleuchten. Dieses findet statt, wenn entweder ein Gewitter in großer Höhe über dem Erdboden, meist aber wenn dasselbe sich in großer Entfernung noch unter dem Horizonte des Beobachters befindet, so daß wir den Donner nicht hören, dessen Schall sich erfahrungsgemäß nicht weiter als etwa 3 Meilen fortpflanzt.

§ **95.** Gewitter entladen sich in der Regel nur an windstillen Tagen in der warmen Jahreszeit. Juni und Juli sind die beiden gewitterreichsten Monate. Wintergewitter sind zwar nichts unerhörtes, aber immerhin eine Seltenheit. Bei uns ist vorwiegend die West- und Südwestrichtung die Gewitterseite. Durchschnittlich wird ein Ort um so öfter von Gewittern heimgesucht, je höher seine mittlere Temperatur ist. An einigen Orten der heißen Zone findet während der heißen Jahreszeit fast regelmäßig alle Tage ein Gewitter statt.

§ **96.** Den Anfang eines Gewitters bilden einige Haufwolken, die sich nicht selten (bei uns vorwiegend auf der West- und Südwestseite) bereits Vormittags zeigen und sich fort und fort vergrößern, ohne daß jedoch ihr Schatten die schwüle Hitze mildert. Die immer dichter werdenden, häufig eine runde Gestalt zeigenden Wolken schweben meist tief und entwickeln eine starke Abstufung der Beleuchtung; oben erscheinen sie blendend weiß, unten in tiefem Grau und Schwarz. Es erfolgt eine feierliche Stille, welche jeden Laut, der sie unterbricht, verstärkt. Nun erhebt sich plötzlich ein heftiger Sturm, der von der Gewitterwolke aus nach allen Richtungen hin weht, in wirbelnder Bewegung Staub aufjagt und dem Zuge der Gewitterwolke folgt. Bald erleuchten Blitze, vom Donner gefolgt, den Himmel, bei jedem Schlage bemerkt man bedeutende Bewegungen in den Wolken, und fast immer folgen ihnen Regengüsse, nicht selten auch Hagel. Nach dem Regen nimmt die Heftigkeit des Gewitters ab, weil er als guter Leiter der Elektrizität diese ableitet, die Gewitterwolke wird rasch fortgetrieben, aber in der Regel nicht in der Richtung des unteren Windes, sondern oft gerade in entgegengesetzter Richtung, und in 2 bis 3 Stunden, wenn nicht wieder ein neues Gewitter im Anzuge ist, ist das Gewitter entleert, und die Luft zeigt eine erfrischende Kühle. Oft endet das Gewitter mit einer gleichförmigen Vertheilung von Regenwolken über den ganzen Himmel.

§ **97.** **Wirkungen des Blitzes.** Wenn eine elektrische Wolke nahe an die Erdoberfläche gelangt, und die durch Vertheilung auf letzterer

angehäufte Elektrizität stark genug geworden ist, so schlägt der Blitz direkt zwischen Wolke und Erdboden über, man sagt es schlägt ein. Alles was über die Ebene hervorragt ist vorzugsweise dem Blitzschlage ausgesetzt, daher kommt es, daß nicht selten Menschen und Thiere mitten in der Ebene vom Blitze erschlagen werden.

Bäume sind schon durch die Säfte, welche in ihnen auf- und absteigen, gute Leiter der Elektrizität; wenn eine Gewitterwolke über ihnen hinzieht, so findet in der Krone der Bäume eine starke Anhäufung der Elektrizität statt, und deshalb sagt man mit Recht, daß Bäume den Blitz anziehen. Man darf daher während eines Gewitters nicht unter Bäumen, namentlich nicht unter einzeln stehenden, Schutz suchen.

§ 98. Die Wirkungen des Blitzes sind in der Regel sehr heftig. Die Gebäude sind in der Regel aus Metall, Steinen und Holz zusammengesetzt. Wegen der ungleichen Leitungsfähigkeit dieser verschiedenen Substanzen ist auch die Wirkung der Gewitterwolken auf dieselben sehr verschieden. Wenn der Blitz einschlägt, so trifft er vorzugsweise die besseren Leiter; mögen sie nun frei oder durch schlechtere Leiter eingehüllt sein; die vertheilende Kraft der Luftelektrizität wirkt auf den in die Wand eingeschlagenen Nagel eben so gut, wie auf die frei in die Luft ragende Windfahne. Wie sonderbar auch der Weg erscheinen mag, den der einschlagende Blitz verfolgt, so kann man sicher sein, daß er immer diejenige Bahn wählt, welche ihm den geringsten Widerstand darbietet.

Wenn der Blitz in ein Zimmer einschlägt, so werden Möbel umgestürzt, Metallstücke aus der Wand gerissen und fortgeschleudert, nicht selten auch geschmolzen; Bäume werden vom Blitze gespalten, zersplittert und die einzelnen Stücke weit fortgeschleudert; brennbare Gegenstände werden entzündet, Sand geschmolzen (Blitzröhren). Humboldt erzählt in seinem „Kosmos", daß er auf seinen Reisen in Südamerika, wo allerdings die Gewitter mit furchtbarer Heftigkeit wüthen, manche Felsen auf der Oberfläche vom Blitze ganz verglast angetroffen habe. Die zündende Wirkung des Blitzes, wodurch er häufig zur Ursache von Feuerbrünsten wird, ist so bekannt, daß sie einer besonderen Besprechung nicht bedarf.

Furchtbar ist die Wirkung des Blitzes auf den menschlichen Organismus. Er bewirkt eine so gewaltige Erschütterung des Nervensystems, daß die gebrechliche Maschine augenblicklich zum Stillstande kommt, oder doch, wenn das Leben wieder zurückkehrt, durch Lähmungen gestört bleibt. Die Tödtung erfolgt so plötzlich, daß die Leichname in der Regel noch unverändert in der Lage gefunden werden, welche sie unmittelbar vor dem tödlichen Blitzstrahl hatten.

§ 99. **Vorsichtsmaßregeln bei einem Gewitter.**

1) Man öffne bei einem Gewitter eine Thüre oder ein Fenster,

damit man nicht Gefahr laufe zu ersticken, falls der Blitzstrahl durch das Zimmer seinen Weg nehmen sollte.

2) Man entferne sich von allen guten Leitern der Elektrizität.

3) Man verlasse Nachts das Bett, um im Falle der Noth schleunige Hülfe leisten zu können.

4) Man vermeide womöglich die Unterhaltung eines Feuers; denn aufsteigender Rauch und Dämpfe sind gute Leiter der Elektrizität.

5) Hat der Blitz irgendwo eingeschlagen, so gehe man nicht sofort an diese Stelle; denn nicht selten erfolgt dort ein zweiter Schlag (Rückschlag). Uebrigens ist ein durch den Blitz entstandenes Feuer nicht schwieriger zu löschen, als ein anderes. Daß der Blitz Schwefel mit sich führe, der alles entzünde, gehört in das Bereich der Kindermärchen. Der sogenannte „Schwefelgeruch“, den man beim Einschlagen des Blitzes wahrzunehmen glaubt, und der sich auch bei jeder in Thätigkeit versetzten Elektrisirmaschine zeigt, rührt nicht von Schwefel, sondern von dem durch den elektrischen Funken veränderten Sauerstoff der Luft (Ozon) her.

6) Man vermeide es, sich während eines Gewitters der Zugluft auszusetzen.

7) Im Freien trete man nicht unter freistehende hohe Bäume oder andere hohe Gegenstände, auch nicht in die Nähe von Gewässern, weil alle diese Gegenstände sehr gute Leiter der Elektrizität sind.

8) Man vermeide, wegen des dadurch entstehenden Luftzuges alles schnelle Laufen, Fahren und Reiten.

9) Man unterlasse auch zur Zeit eines Gewitters das Läuten der Glocken in den Kirchthürmen, denn durch die Erschütterung der Luft kann der Blitz leicht in den Thurm fahren und den Läutenden tödten.

Uebrigens sei man ohne Furcht, denn die Gefahr vom Blitze getroffen zu werden ist bei weitem nicht so groß, als man sich oft vorstellt, zumal wenn gute Blitzableiter ihre vertheilende Wirkung über unseren Gebäuden ausüben.

§ 100. **Der Blitzableiter.** Nichts ist natürlicher, als daß man sich gegen die verheerenden Wirkungen des Blitzes zu sichern sucht, und gewiß handeln jene thöricht, welche im Glauben an eine göttliche Strafe den Schutz eines Blitzableiters von sich weisen.

Der Amerikaner Benjamin Franklin war es, der den Blitzableiter erfand und im Jahre 1760 nach schwerem Kampfe mit der damaligen gelehrten und ungelehrten Welt, den ersten Blitzableiter errichten ließ. Dieser besteht aus einer oder mehreren, auf den höchsten Stellen der Gebäude befestigten und mit vergoldeten (Platin) Spitzen versehenen Metallstangen, von welchen eine ununterbrochene metallische Leitung, mit

welcher alle größeren Metallmassen der Gebäude, Dachrinnen, Wasser- und Gasleitungen u. s. w. verbunden sein müssen, in den feuchten Erdboden geführt wird.

§ 101. Wenn nun eine Gewitterwolke in die Nähe eines Blitzableiters gelangt, so bewirkt die Wolkenelektrizität eine Vertheilung der in der Auffangstange, der Leitung und dem Erdboden gebundenen Elektrizität; die mit der Gewitterwolke gleichartige wird abgestoßen und kann sich, der metallischen Leitung folgend, frei im feuchten Erdboden, der bekanntlich ein guter Leiter der Elektrizität ist, verbreiten, während die entgegengesetzte Elektrizität von der Gewitterwolke angezogen wird, sich auf der Oberfläche der Auffangstange anhäuft und durch die Spitze derselben in die Luft ausströmt, wo sie sich mit einem gleich großen Quantum der Wolkenelektrizität vereinigt, diese also aufhebt und dadurch die elektrische Spannung in der Wolke vermindert. Je mehr sich eine Gewitterwolke einem Blitzableiter nähert, oder je stärker sie mit Elektrizität geladen ist, desto kräftiger übt sie auf den Blitzableiter ihre vertheilende Wirkung aus, desto mehr entgegengesetzte Elektrizität wird der Spitze der Auffangstange entströmen, und desto mehr wird die elektrische Spannung der Wolke geschwächt werden. Sollte aber doch ein Blitzstrahl aus der Wolke gegen den Erdboden überspringen, so wird er vorzugsweise nach einem guten Leiter, also nach der in die Höhe strebenden Auffangstange gerichtet sein, und da diese außerhalb des Gebäudes in gut leitender Verbindung mit dem Erdboden steht, so wird der elektrische Strom dem guten Leiter folgen und dadurch das Gebäude vor Schaden bewahrt bleiben.

Der Blitzableiter hat also nicht die Aufgabe den Blitz anzuziehen, sondern durch unausgesetzte Ausstrahlung der Erdelektrizität die in der Luft vorhandene entgegengesetzte Elektrizitätsmenge unwirksam zu machen. Dieses unausgesetzte Ausstrahlen erfolgt durch die Spitzen der Auffangstangen, die um als ständige gute Leiter wirken zu können nicht rosten dürfen und daher, wie bereits erwähnt, versilbert oder vergoldet sind, oder aus Platin hergestellt werden.

Wenn ein Gewitter über Wälder hinzieht, verliert es gewöhnlich seine Kraft, so daß es selten einschlägt. Die Spitzen der Bäume wirken hier wie die Auffangstangen der Blitzableiter.

§ 102. Nach den gemachten Erfahrungen schützt eine Auffangstange einen Umkreis von 12 bis 16 Metern Durchmesser, daher ein Gebäude von größerer Länge mindestens zwei Auffangstangen erhalten sollte, größere Gebäude nach Verhältniß mehr. Ueberhaupt ist es besser die Zahl der Auffangstangen reichlich zu nehmen und alle hervorragenden Punkte damit zu besetzen.

§ 103. Da fehlerhaft eingerichtete oder unterbrochene Blitzableiter

nicht nur nichts nützen, sondern die Gefahr des Einschlagens dadurch, daß der elektrischen Wolke ein Leiter ohne Ableitung entgegengesetzt wird, bedeutend vergrößern, so ist es nothwendig, daß dieselben von Sachverständigen verfertigt und von Zeit zu Zeit auf ihre Brauchbarkeit untersucht werden. Namentlich dürfen die Spitzen der Auffangstangen nicht verrostet oder abgestumpft und die leitende Verbindung aller Theile mit dem Erdboden nirgends unterbrochen sein. Die letztere Untersuchung, welche von der größten Wichtigkeit ist, wird in neuerer Zeit bequem dadurch vorgenommen, daß man die beiden Enden einer Blitzableiter-Leitung mit den Polen eines galvanischen Elementes verbindet und in den Schließungsbogen eine Magnetnadel (Kompaß) einschaltet. Ist die Leitung geschlossen, so geht der elektrische Strom von dem einen Pole des galvanischen Elementes aus, durch die ganze Blitzableiter-Leitung, um die Magnetnadel und nach dem andern Pole des Elementes. Bei seiner Cirkulation um die Magnetnadel lenkt er diese von ihrer gewöhnlichen Südnordrichtung ab. Ist dagegen die Leitung irgendwo unterbrochen, so kann der Strom in der vorerwähnten Weise nicht cirkuliren und die Magnetnadel bleibt in ihrer Lage.

Optische Erscheinungen.

§ 104. **Die Farbe des Himmels.** Der unumwölkte Himmel erscheint uns bekanntlich blau. Wir verdanken diese Farbe dem Vorhandensein unserer Lufthülle, welche vorzugsweise das blaue Licht zurückwirft. Wäre die Atmosphäre nicht vorhanden, so würde der ganze Himmelsraum vollkommen schwarz erscheinen und Sonne, Mond und Sterne würden glänzend auf dem schwarzen Hintergrunde stehen. Je mehr wir uns in der Atmosphäre erheben, desto dünner wird dieselbe und desto unvollkommener wirft sie die blauen Lichtstrahlen zurück; daher kommt es, daß in bedeutenden Höhen die Farbe des Himmels dunkler erscheint, als im Thale. Auch über unserem Haupte erscheint die Luft dunkler blau, als am Horizonte, weil wir gegen den letzteren zu durch eine ausgedehntere Luftschichte hindurchsehen.

Das reine Blau des Himmels wird vielfach durch die in der Luft schwebenden, aus verdichtetem Wasserdampf entstandenen Wasserbläschen, also durch sehr feinen Nebel, gebleicht und erscheint dadurch mehr weißlich, während viel Wasserdampf die Luft noch durchsichtiger macht und den Ton ihrer blauen Farbe erhöht.

§ 105. **Das Wasserziehen der Sonne.** Wenn die Sonne hinter einer Wolke steht, in der sich eben die Anfänge einer Regenbildung entwickeln, durch einige Oeffnungen dieser Wolke hindurchscheint und die Luft beleuchtet, so werfen die feinen Wassertröpfchen das Licht

zurück und es entstehen Streifen, die heller sind, als ihr Hintergrund. Diese Streifen scheinen sich in der Richtung gegen die Sonne hin zu nähern und hinter der Wolke zu vereinigen, als wenn sich dort die Sonne befände. Man bezeichnet diese Erscheinung im gewöhnlichen Leben mit dem Namen Wasserziehen der Sonne; sie verkündet baldigen Regen, und zeigt sich im Sommer öfter als im Winter, bei niedrigem Sonnenstande öfter als bei hohem.

§ 106. **Höfe und Nebensonnen.** Bei feuchter Witterung sieht man nicht selten den Himmel mit einem dünnen Wolkenschleier überzogen, und die Sonne, den Mond oder auch Fixsterne der größeren Art mit einem Ringe umgeben, der heller ist, als der übrige Theil des Firmamentes und Hof genannt wird; er zeigt sich auch manchmal in den Regenbogenfarben. Man unterscheidet zweierlei Höfe, kleinere, mit dem Körper zusammenhängende, welche den Körper wie ein Heiligenschein umgeben, und größere von dem Körper weit abstehende und diesen kreisförmig umschließende Höfe; letztere sieht man in der Regel nicht vollständig, sondern nur stückweise. Man erklärt sich die Erscheinung der kleineren Höfe aus einer Beugung, die der größeren Höfe aus einer Brechung der Lichtstrahlen.

Bisweilen erscheinen in dem Lichtkreise eines größeren Hofes einander gegenüberliegend zwei helle Streifen, die den Hof durchschneiden; man nennt diese Nebensonnen und macht ihr Erscheinen gleichsfalls von der Brechung des Lichtes abhängig.

§ 107. **Der Regenbogen.** Es ist dieses wohl eine der schönsten Lufterscheinungen. Er erscheint in jenen Regenwolken, welche von der Sonne beschienen werden, dem Auge des Beobachters gegenüberstehen und zeigt die gewöhnlichen prismatischen Farben (roth, orange, gelb, grün, hellblau, dunkelblau und violett), so daß violett nach Innen, roth nach Außen liegt. Die Entstehung des Regenbogens beruht auf der Brechung und Zurückwerfung des Lichtes und der sie begleitenden Farbenzerstreuung in den herabfallenden Wassertropfen. Außer dem eigentlichen Regenbogen sieht man gewöhnlich noch einen zweiten, größeren, der mit dem ersten den gleichen Mittelpunkt hat, bei welchem die Ordnung der Farben die umgekehrte ist, so daß beim äußeren Regenbogen das Roth innen, das Violett dagegen außen liegt. Der äußere Regenbogen ist weit weniger lichtstark als der innere, er erscheint weit blasser. Die Entstehung des äußeren Regenbogens beruht auf denselben Prinzipien, wie die des inneren; er ist nicht, wie manche glauben, ein Spiegelbild des ersten.

§ 108. **Morgen= und Abendröthe.** Wenn der westliche Himmel heiter oder nur mit einem dünnen Wolkenschleier überzogen ist, so ziert ihn nach Sonnenuntergang die herrliche Erscheinung der Abendröthe, deren Farbe nach der verschiedenen Reinheit des Firmamentes von

Gelb und Hellroth bis zum Dunkelroth wechselt. Am Morgen zeigt sich vor Sonnenaufgang unter ähnlichen Bedingungen an der Ostseite des Firmamentes dieselbe Erscheinung, die wir Morgenröthe nennen. Beide Erscheinungen treten bald mehr, bald weniger deutlich hervor und ihre Entwicklung hängt von der Stellung der Wolken, der Durchsichtigkeit und dem Wassergehalte der Luft ab. Sie werden dadurch hervorgebracht, daß die Luft vorzugsweise blaues Licht zurückstrahlt und gelbrothes durchläßt. So lange die Sonne hoch am Firmamente steht, gehen die Lichtstrahlen durch eine zu wenig dicke und zu wenig mit Wasserdampf angefüllte Luftschichte, als daß diese eigenthümliche Färbung hervortreten könnte, je tiefer sie aber sinkt, eine desto dickere und wasserdampfreichere Luftschichte müssen die Lichtstrahlen durchwandern, und die von der Luft vorzugsweise durchgelassene Farbe muß zum Vorschein kommen.

§ 109. **Irrlichter** nennt man gewöhnlich kleine Flämmchen, welche in sumpfigen Gegenden, Mooren, Kirchhöfen u. s. w. kurz an Orten, wo Fäulniß und Verwesung vor sich gehen, nicht hoch über dem Boden zum Vorschein kommen, eine hüpfende, unruhige Bewegung zeigen und bald wieder verschwinden. Aller Wahrscheinlichkeit nach werden dieselben durch ein phosphorhaltiges Wasserstoffgas erzeugt, das nicht eigentlich verbrennt, sondern nur schwach phosphorescirt.

Wiederholungsfragen.

Besitzt die Atmosphäre freie Elektrizität? — Was ist das Eliasfeuer? — Wie erklärt man sich das Entstehen des Blitzes? — Was verstehen wir unter der vertheilenden Wirkung der Elektrizität? — Wodurch entsteht der Donner? — Wie kommt es, daß wir den Donner meist erst einige Zeit nach dem Blitzstrahle hören? — Warum hören wir den Donner meistens nicht als einen einzigen Schlag, sondern als ein längere Zeit anhaltendes Rollen? — Wodurch sind wir im Stande die Entfernung eines Gewitters von unserem Standorte zu taxiren? — Wodurch entsteht das sogenannte Wetterleuchten? — Welches sind die Wirkungen des Blitzes? — Welche Vorsichtsmaßregeln soll man bei einem Gewitter beobachten? — Warum ist es gefährlich während eines Gewitters unter freistehenden Bäumen Schutz zu suchen? — In welcher Weise wirkt die Auffangstange eines Blitzableiters? — Warum werden Gewitter, welche über einen Wald wegziehen, bedeutend geschwächt? — Was ist die Folge, wenn die Leitung eines Blitzableiters unterbrochen ist? — Warum werden die Spitzen der Auffangstangen aus edlen Metallen hergestellt, oder doch mit solchen überzogen? — Wodurch entsteht die blaue Farbe des Himmels? — Wann entsteht ein Regenbogen? —

Einfluß der Vegetation auf das Klima.

§ 110. Der Einfluß der Vegetation auf das Klima ist vorwiegend durch die veränderten Wärmeverhältnisse bedingt und läßt sich auf folgende drei Wahrnehmungen zurückführen:

1) Die Pflanzen, gleichviel ob dieselben den Boden lediglich be-

schatten (hohe Kräuter, Gebüsche, Wälder) oder denselben mit einem mehr oder weniger dichten Ueberzug bedecken (dichtbestockte Felder, Wiesen, Moore, Haiden), verhindern die Erwärmung der Erdoberfläche, weil das Pflanzengewebe eine viel größere spezifische Wärme besitzt, als die Gesteine und Erdarten, somit bei gleicher Zufuhr von Wärme weit weniger erwärmt wird als der Erdboden. Bewachsener Boden kann also schon deshalb durch die auffallenden Sonnenstrahlen nicht so heiß werden wie nakter Boden;

2) Die Wassermenge, welche sowohl den Pflanzenkörper erfüllt als auch zwischen den Wurzeln mechanisch festgehalten wird, verhält sich ebenso, wie eine freie Wasserfläche; sie bewirkt also eine langsamere Erwärmung und langsamere Erkaltung des Erdbodens;

3) An der Oberfläche der grünen Pflanzentheile, insbesondere der Blätter, verdampft beständig Wasser, wodurch Wärme gebunden, also Abkühlung erzeugt wird. Die krautigen Theile der Pflanzen und die Blätter bestehen zum größten Theile aus Wasser bis zu 90 Prozent ihres Gewichtes. Selbst das Holz enthält noch 50 Prozent Wasser. Dieses Wasser verdampft nun fortwährend durch die zarten Zellwände hindurch, besonders aber durch die zahllosen Spaltöffnungen auf der Unterseite der Blätter. Die Menge des Wassers, welches von einer Pflanze verdunstet wird, ist eine ganz enorme. Nach Hales verdunstet eine Sonnenblume mittlerer Größe in 12 Stunden eines Julitages nahezu ein Kilogramm Wasser. Nach Schübler verdunstet von einer dicht bewachsenen Grasfläche doppelt bis dreimal so viel Wasser, als von einem gleichgroßen Wasserspiegel. Diese auf den ersten Blick überraschende Thatsache kann nicht befremden, wenn man bedenkt, daß das Gras durch seine zahllosen Blätter und Halme der Luft eine viel größere Fläche darbietet, als der ebene Wasserspiegel.

Alle drei Ursachen wirken zur Zeit der Vegetation sich gegenseitig unterstützend dahin, daß die Erwärmung geringer, die Luftfeuchtigkeit dagegen größer wird.

§ 111. **Gras- und Krautvegetation.** Schon die tägliche Erfahrung lehrt uns die kühlende und feuchtmachende Wirkung selbst einer niedrigen Vegetationsdecke, wie einer Wiese, Weide oder eines dicht bepflanzten Gartens.

Im Winter, so lange der Boden mit den Pflanzen gefroren, oder der Boden mit Schnee bedeckt ist, verhält sich eine bewachsene Fläche nicht anders wie eine kahle. Beim Aufthauen bleibt zwischen den Wurzeln einer bewachsenen Fläche mechanisch ein großer Theil des Wassers haften, welches beim kahlen Boden entweder von der Oberfläche abläuft, oder rasch einsickert. Daher liegen, namentlich beim Beginn des Frühjahres, auf bewachsenen Flächen oft noch lange dichte Nebel, besonders des Mor-

gens und Abends, während kahler Boden nebelfrei ist. Thau und Reif sind auf bewachsenem Boden gleichfalls häufige Erscheinungen.

Selbst im Sommer sind Grasflächen weit kühler, als die nakte Umgebung, es treten oft je nach der Oertlichkeit noch nächtliche Nebel über denselben auf, und die Luft, welche von dorther auf kahle Stellen hin weht, ist durch ihre niedrige Temperatur und ihre höhere Feuchtigkeit auffallend gekennzeichnet.

Da somit Grasflächen während der Vegetationsperiode bei Tag jedenfalls kühler, bei Nacht aber nicht wärmer, oft aber kälter sind als kahler Boden, so müssen sie eine Erniedrigung der Tages-, Monats- und Jahrestemperatur zur Folge haben. Da ferner solche Flächen einen mehr gleichbleibenden Wasservorrath enthalten und denselben sehr reichlich verdampfen, so müssen sie der darüber lagernden Luft einen gleichmäßigeren Dampfgehalt und meistens auch eine größere Feuchtigkeit verleihen. Ausgedehntere Wiesen und ähnliche grüne Flächen müssen deshalb durch ihre niedrigere Temperatur und ihren höheren Wassergehalt auch Einfluß auf die Wolkenbildung und Niederschläge der darüber lagernden Luftschichten ausüben.

Für die kalte Jahreszeit, für den eigentlichen Winter, ist die Nachbarschaft bewachsener Flächen in klimatischer Beziehung ohne wesentliche Bedeutung.

§ 112. **Der Wald.** Betrachten wir nun den Gang der Temperatur und Feuchtigkeit im Walde.

Im Sommerhalbjahre findet die aufgehende Sonne stark abgekühlte Baumkronen, unter denen die wärmere, feuchte Waldluft ruht, und unter dieser den im Verhältniß zu der Luft kühleren Waldboden. Die Baumkronen erwärmen sich allmählig, jedoch nie so stark wie trockene feste Körper, und beginnen reichlich Wasser zu verdampfen. Die Waldluft nimmt die Wärme langsamer an, weil erstens durch die Verdampfung des Wassers in den Kronen Wärme gebunden und dadurch in der darunter ruhenden Luftschichte Abkühlung hervorgerufen wird, und zweitens weil die Waldesluft in Folge der Beschattung durch die Kronen wenig oder gar nicht von der Sonne beschienen werden kann. Am Boden findet die geringste und erst spät eintretende Erwärmung statt. Die allmälig zunehmende Erwärmung bewirkt eine zunehmende Verdampfung von Wasser aus dem Waldboden, wodurch die untere Waldluft reich an Wasserdampf wird. In dieser Weise geht die Erwärmung und Verdampfung fort bis gegen Abend. Die kühlere und dichtere Waldluft strömt dabei nach den dünneren und wärmeren Schichten der Umgebung des Waldes ab, wird da stärker erwärmt, leichter, steigt auf und senkt sich über dem Walde wieder nieder.

§ **113.** Wenn nach Sonnenuntergang die Ausstrahlung der Wärme vorwiegend wird, so sind es zunächst die äußeren Blätterschichten der Krone, welche zuerst erkalten, erst später wirkt diese Ausstrahlung abkühlend auf die Waldluft und den Waldboden. Diese Abkühlung kann aber im Walde nicht so weit gehen wie im Freien, weil die Stämme, Aeste und Blätterschichten die abströmende Wärme zum Theil zurückwerfen. So kommt es, daß es im Walde noch warme Luft gibt, während es außen schon viel kälter ist, daß ferner die wärmere Waldluft aufsteigt und, an den schon stark erkalteten obersten Blattschichten angelangt, ihren reichlichen Wassergehalt zu Nebel verdichtet. Erst gegen Morgen ist die Abkühlung auch im Innern des Waldes beträchtlicher, nie aber so stark geworden als in der waldlosen Umgebung, die des Schutzes der Kronen entbehrt, und daher besteht Nachts bis zum Morgen ein Bestreben der äußeren dichteren und kälteren Luft in den Wald hineinzuströmen und die vom Walde aufsteigende wärmere Luft zu ersetzen, die dann wieder außen niedersinkt.

§ **114.** Betrachten wir nun das Verhalten des Waldes gegen Luftströmungen, die entweder über den Wald hinstreichen oder durch denselben gehen.

Während unter dem Einflusse der Besonnung von nicht bewaldetem Boden trockene und warme Luftschichten aufsteigen, die oft im Stande sind, herbeigeführte Wolken aufzuzehren oder feuchte Luftströmungen relativ trockener zu machen, fällt diese Wirkung bei den über einem Walde lagernden Luftschichten sowohl bei Tag als bei Nacht weg, bei Tag, weil sie kühler und feuchter, bei Nacht, weil sie wenigstens feuchter sind. Es werden also tiefgehende Wolken und ihrem Sättigungspunkte nahe Luftströmungen über einem Walde häufig dahin gebracht, daß sie ihren Wasserinhalt fallen lassen, es wird also oft über einem Walde regnen, während über waldlosem Lande kein Niederschlag erfolgt. Selbverständlich können diese Wirkungen nur bei großen Waldcomplexen deutlich wahrgenommen werden.

Die Luft, welche durch einen Wald streicht, nimmt, wenn sie vorher trocken war, Wasserdampf auf und verläßt also den Wald jedenfalls wasserreicher. War die Luft vorher schon feucht, so wird sie im Sommer beim Durchstreichen des Waldes am Tage ihrem Sättigungspunkte näher gebracht, und es kann daher keinen Zweifel unterliegen, daß während des Sonmers über und an großen Waldcomplexen öfter Niederschläge erfolgen müssen, als bei sonst gleichen Umständen auf kahlem, ja selbst auf begrüntem Lande mit niedriger Vegetationsdecke.

Im Winter, wo die Erwärmung durch die Sonne und auch die Verdampfung sehr gering ist, tritt dieses Verhalten des Waldes gegenüber unbewaldetem Boden mehr in den Hintergrund.

§ 115. Erörtern wir schließlich noch die Frage, ob durch Bewaldung oder Entwaldung einer Gegend das Klima geändert werden kann. Wir haben zahlreiche Beweise, wie nachtheilig die Rodung großer Waldstrecken, namentlich in gebirgiger Landschaft, auf das Klima eines Landes einwirkt. Die alten Kulturländer Persien, Palästina, Griechenland, Sicilien, Spanien sind seit ihrer Entwaldung mehr oder weniger verödet, und zwar nicht so sehr wegen Verminderung der jährlichen Niederschläge, als vielmehr durch die ungünstige Vertheilung des Regens auf die Jahreszeiten. Da nämlich die Einwirkung eines Waldes auf Vergrößerung der Regenmenge zur Sommerszeit am größten ist, bewahrt er seine Umgebung vor Austrocknung gerade zu jener Zeit, in welcher diese Gefahr für die Vegetation am größten ist.

Ganz besonders wichtig für das Klima eines Ortes bleibt die Bedeckung hoher Bergrücken mit Waldungen. Die bewaldeten Höhen vermitteln nämlich eine allmählige Entziehung und Abgabe der atmosphärischen Feuchtigkeit, speisen die Quellen und Bäche mit Wasser, verhindern den starken Wechsel in der Temperatur, verhüten oder vermindern doch wenigstens die verheerenden Ausbrüche heftiger Gewitter und dienen gleichzeitig als Schutzwände gegen die rauhen Winde und Stürme.

Ueber Witterungskennzeichen.

§ 116. Nicht alle der abgehandelten Meteore sind für uns von gleicher Wichtigkeit. Die Wärmeerscheinungen, Winde, atmosphärischen Niederschläge, und zum Theil auch die Gewitter, spielen durch ihren großen Einfluß auf die Vegetation und den thierischen Haushalt die Hauptrolle; deshalb bestimmt auch deren Auftreten vorzugsweise den Charakter des Wetters, und dieses voraus zu bestimmen, d. h. das Eintreten, Ausbleiben, Ineinandergreifen dieser Erscheinungen im Vorhinein zu wissen, war von jeher der Gegenstand vielfacher Bemühungen. Allein wir sind, selbst bei dem gegenwärtigen sehr entwickelten Zustande der Physik in dieser Beziehung noch sehr weit vom Ziele entfernt, was sich aus der Schwierigkeit des Gegenstandes wohl leicht erklären läßt.

Alles was wir bisher erreicht haben, besteht darin, daß wir im Stande sind gewisse Wetterregeln zu geben. Diese lassen sich in zwei Klassen bringen. Die erste umfaßt jene Regeln, welche sich nicht blos durch vielfache Beobachtungen allgemein bewährt haben, sondern deren Richtigkeit auch aus Naturgesetzen hervorgeht; die zweite Klasse schließt alle jene Regeln in sich, welche zwar vielfach durch die Erfahrung ihre Bestätigung fanden, deren Richtigkeit wir aber nicht zu erklären vermögen obwohl sie mit der Theorie nicht im Widerspruche stehen.

Die sichersten Wetterregeln ergeben sich:

1) aus den Luftbewegungen, d. h. aus den Winden und den Schwankungen des Barometers;
2) aus der größeren oder geringeren Durchsichtigkeit der Luft und der Farbe des Firmaments;
3) aus dem Aussehen der Sonne, des Mondes und der Sterne;
4) aus den Wolken;
5) aus der Feuchtigkeit der Atmosphäre;
6) aus der gegenwärtigen Witterung;
7) aus den Mondsphasen;
8) aus dem Benehmen mancher Thiere und Pflanzen.

§ 117. **Kennzeichen aus den Winden.** Es ist aus dem früher Gesagten klar, daß die Winde auf die Wärme und den Feuchtigkeitszustand der Luft einen sehr großen Einfluß ausüben, weil sie uns die Luft aus entfernteren Gegenden mit ihrer Wärme und ihrer Feuchtigkeit zuführen. Hält man damit die Thatsache zusammen, daß warme Winde (wegen der leichteren Luft) stets von oben, kalte dagegen (wegen der schwereren Luft) stets von unten herströmen, und daß die Drehung des Windes dem früher (§ 47) angegebenen Gesetze folgt, so wird man sich den Zusammenhang zwischen den Winden, der Wärme und den Niederschlägen leicht erklären können. Anhaltender Nordwind mit seiner kalten, trockenen Atmosphäre bringt kalte Winter und warme, trockene Sommer; anhaltender Südwind aber nasse und kühle Sommer und milde Winter. Wechselt die Windströmung beim Eintritte des Winters, so folgt auf einen heißen Sommer ein milder Winter, oder auf einen kühlen Sommer ein strenger Winter. Der durch den Südwind unterhaltene milde Winter einer Gegend unterstützt die erwärmende Wirkung der Sonne im Frühlinge, während diese Wirkung dort, wo ein strenger Winter herrscht, nicht stattfindet, weil zum Schmelzen des Schnees und Eises eine bedeutende Wärmemenge erforderlich ist. Der Wärmeunterschied beider Gegenden wird dadurch gesteigert, der Druck der Luft in der kalten Gegend vermehrt und endlich dahin gebracht, daß der Nordwind den Südwind überwältiget und sich über die Gegenden ergießt, welche im Genusse eines milden Winters und eines schönen Frühlingsanfanges sind, (Siehe auch § 15). Daher kommt es, daß oft auf milde Winter ein kalter Frühling folgt.

§ 118. **Kennzeichen aus dem Barometer.** Da man meistens von starken Veränderungen im Luftdruck auf Aenderungen im Charakter des Wetters schließen kann, so wird das Barometer häufig als Wetterprophet zu Rathe gezogen. Das in der Luft stets enthaltene gasförmige Wasser übt, wie jede andere Gasart einen gewissen Druck aus und erhöht sonach den Druck der Luft. So lange also in der Atmosphäre Wasserdampf vorhanden ist, wird das Barometer hoch stehen, und zwar um so

höher, je mehr Wasserdampf die Luft enthält, weil nicht nur die Luft, sondern auch der Wasserdampf auf die Quecksilbersäule drückt. So lange die Atmosphäre aber ihr Wasser in Dampfform enthält, ist in der Regel kein Niederschlag zu befürchten und es zeigt daher ein hoher Barometerstand die Wahrscheinlichkeit eines andauernd schönen Wetters an.

Ein Uebergang des Wasserdampfes in den tropfbaren Zustand, in Wasserdunst, bewirkt nothwendigerweise eine Verminderung des Luftdruckes, also ein Sinken des Barometers, weil wohl der Wasserdampf, nicht aber die Wassertropfen den Druck der Atmosphäre vermehren helfen. Da aber bei dem Uebergange des Wasserdampfes in Wasserdunst letzterer sehr leicht so weit verdichtet werden kann, daß er als Regen niederfällt, so können wir aus dem Sinken des Barometers auf schlechtes, d. h. regnerisches Wetter schließen.

Nicht selten wird man jedoch in den Erwartungen, welche man in die Angaben des Barometers setzt, getäuscht, weil wir es mit sehr verschiedenen Einwirkungen zu thun haben, welche in mannichfacher Weise die Quecksilberhöhe zu ändern bestrebt sind. Temperatur, Feuchtigkeitsgehalt der Luft, Windrichtung und Windstärke, Anziehung der Sonne und des Mondes sind alles Faktoren, welche bei dem Barometer in sichtbarer Weise zur Geltung kommen. Hinge die Witterung allein vom Luftdrucke ab, so würde das Barometer ein untrüglicher Wetterprophet sein.

Die gewöhnlichen Barometer, welche unter dem volksthümlichen Namen Wetterglas fast zu einem Bestandtheile häuslicher Einrichtung geworden sind, tragen an der Scale anstatt oder neben der Angabe der Quecksilberhöhe in Millimetern oder pariser Zollen die Bezeichnungen: „Veränderlich", dann nach aufwärts „Schön", „Beständig", „Sehr trocken", nach abwärts aber „Regen oder Wind", „Viel Regen", „Sturm" und stellen wohl gar noch die Möglichkeit gräßlicher „Erdbeben" in Aussicht. Der Punkt des mittleren Barometerstandes eines Ortes ist mit der dehnbaren Bezeichnung „Veränderlich" versehen. Da aber der mittlere Barometerstand sich mit der Höhenlage eines Ortes ändert, also streng genommen für jeden Ort eigens durch Rechnung und Beobachtung ermittelt werden sollte, so ist den obigen prophetischen Angaben nicht besonders viel Vertrauen zu schenken. Einem höchst einfach construirten „Barometer" begegnet man im bayerischen Gebirge. Dort wird ein dürrer, vollkommen entnadelter Fichten-, Föhren- oder Tannenunterständer (Hannichl genannt) etwa einen Meter hoch abgeschnitten, seiner Aeste bis auf einen einzigen beraubt und an einem schattigen Orte des Hauses in den Boden gesteckt. Am freien Ende des einzigen Astes wird irgend eine Gradeintheilung angebracht, die keinen anderen Zweck hat, als die auf- oder abwärtsgehende Bewegung des Astes verfolgen zu können. Steigt der Ast in die Höhe, so soll dadurch Regen angedeutet werden, während

Abwärtsgehen schönes Wetter ankündigen soll. So wenig auch dieser einfache Apparat Anspruch auf den Namen eines Wetteranzeigers machen kann, so steht er gleichwohl bei der bayerischen Gebirgsbevölkerung in sehr hohem Ansehen. Die auf- und abwärts gehende Bewegung des Astes ist lediglich eine Folge der größeren oder geringeren Luftfeuchtigkeit und stellt der ganze Apparat demnach nichts anderes dar, als einen sehr unvollkommenen Luftfeuchtigkeitsmesser (Hygrometer). — Zu gleichem Zwecke werden häufig auch die gegen Feuchtigkeit sehr empfindlichen Früchtchen des, auf Aeckern und Brachen wildwachsenden schierlingsblättrigen Reiherschnabels (Erodium cicutarium) benützt, dessen Grannen sich um so mehr aufrollen, je feuchter die Luft ist.

§ 119. **Das Baroskop.** Häufig wird als unfehlbarer Wetterprophet unter dem Namen Baroskop ein Instrument zu Rathe gezogen, das aus einer beiderseits zugeschmolzenen und mit einer farblosen Flüssigkeit (Salmiak, Salpeter, Kampfer) gefüllten Glasröhre besteht, welche Flüssigkeit durch die Art und Weise und den Grad ihrer Krystallisation das Wetter anzeigen soll. An dem Brettchen, auf welchem die Röhre befestigt ist, sind folgende kühn erdachte Angaben zu lesen: Helle Flüssigkeit — „Schön Wetter"; Trübe Flüssigkeit — „Veränderlich"; Kleine Schneeflocken — „Regen"; Trübe Flüssigkeit und Sternchen — „Gewitter"; Krystallisation — „Nebel", Aufsteigende Federn — „Wind"; Starke Wolken — „Stürmisch"; Sternchen und zarte Krystalle — „Schnee"; Oben eine Eisdecke — „Starker Frost"; Der Bodensatz oben und unten hell — „Erdbeben". Wahrlich, eine weitergehende Auskunft von einem so einfach construirten und so bequem zu handhabenden Instrumente und zu so billigem Preise (das Instrument kostet 2 Reichsmark) zu fordern, würde die Grenze der Bescheidenheit überschreiten! Nur Schade, daß sich das Wetter so äußerst selten nach den Angaben des Instrumentes richtet. Aufklärung über die Wirkungsweise des Baroskopes bleiben uns die Verfertiger leider schuldig.

§ 120. **Die Durchsichtigkeit und Farbe der Luft** hängt bekanntlich von der Menge und Form des in ihr enthaltenen Wassers ab, und kann man daher von ersterer auf letztere schließen. So lange das Wasser in Dampfform in der Luft enthalten ist, macht es dieselbe um so durchsichtiger, in je größerer Menge es darin vorkommt. Daher sieht man die aus der großen Durchsichtigkeit der Luft sich ergebende scheinbare Nähe ferner Gegenstände, das schwarze Aussehen der Wälder, die dunklen Contouren der Gebirge 2c. als Zeichen der überhandnehmenden Luftfeuchtigkeit, also eines bald eintretenden regnerischen Wetters an. Aus dieser großen Durchsichtigkeit der Luft mag auch die stärker erwärmende Kraft der Sonne herrühren und darin der Grund liegen, warum man das Stechen der Sonne als Vorzeichen einer Wetteränderung

ansieht. Ungewöhnliche Heiterkeit des nächtlichen Himmels, durch welche selbst kleine Sterne sichtbar werden, hat dieselbe Bedeutung. Ein sanfter Schleier über ferne Berge läßt aus gleichem Grunde ein Fortdauern günstiger Witterung hoffen.

Das Erblassen des Firmamentes bezeichnet den Anfang des Ueberganges der Dämpfe in kleine Tröpfchen und ist deshalb ein Vorbote wässeriger Niederschläge. Es wird meistens durch den in den oberen Regionen bereits eingetretenen Südwind verursacht.

§ 121. **Das Aussehen der Sonne, des Mondes und der Sterne** bietet gleichfalls manche Anhaltspunkte, welche zu Schlüssen über den Gang der Witterung berechtigen. Gehen die Gestirne, besonders aber die Sonne, blaß, roth oder gar unter Wolken auf, so steht ein baldiger wässriger Niederschlag zu erwarten, auch wenn der übrige Himmel rein ist. Ja selbst wenn direkter Ostwind herrscht, so zeigen doch die schon an der Ostseite vorhandenen hohen Wolken an, daß der in der Regel ihn ablösende Südwind diese Wolken in Regenwolken verwandeln werde. Aus diesem Grunde geht ein solcher Sonnenaufgang nicht selten der Witterungsänderung um zwei bis drei Tage voraus. Trüber Sonnenuntergang zeigt eine Anhäufung der Dünste am westlichen Himmel, und da bei uns die westlichen Winde die herrschenden sind, so liegt die Wahrscheinlichkeit nahe, daß diese Dünste uns bald erreichen und uns Regen bringen werden. Starkes Funkeln der Sterne, ungewöhnliche Größe derselben, Höfe um sie, um die Sonne und den Mond, müssen ihrer Natur nach nasse Witterung befürchten lassen, und zwar letzteres um so mehr, je größer sie sind, weil die Größe der Höfe einen Beweis für ihre geringe Entfernung abgibt.

§ 122. **Die Wolken.** Ein sehr verlässiges Vorzeichen der bevorstehenden Witterung gibt die Gestalt, Lage und Veränderung der Wolken. Lange Federwolken verkünden Wind aus der Gegend, wohin ihre Spitzen gerichtet sind; dasselbe gilt von den gehäuften Federwolken. Geschichtete Federwolken, besonders am westlichen Firmamente, lassen anhaltenden sanften Landregen erwarten. Wenn Haufenwolken Morgens entstehen, Mittags sich anhäufen und Nachmittags wieder abnehmen, dauert schönes Wetter fort; wenn sie aber der Nachmittag nicht zu zerstreuen vermag so gehen sie in geschichtete Haufenwolken über und bringen Regen. Eine einzeln am Firmamente schwebende Haufenwolke ist ein günstiges Wetterzeichen, weil sie das Uebergewicht der von der Erde aufsteigenden warmen Luftströme über den Einfluß der Winde beweist.

Regenwolken lassen wenig befürchten, wenn sie am östlichen Himmel schweben, desto mehr aber, wenn sie an der Westseite stehen, weil sie im ersteren Falle bei dem entschiedenen Uebergewichte der westlichen Winde von uns hinweg, im letzteren aber uns zugeführt werden. Da-

rum ist auch ein Regenbogen am Abend (östliche Regenwolke) ein gutes, am Morgen (westliche Regenwolke) ein schlechtes Vorzeichen.

Tief schwebende Wolken sind immer von schlimmer Vorbedeutung, besonders wenn sie sich in der Richtung befinden, aus welcher der herrschende Wind weht. Darum befürchtet man schlechtes Wetter, wenn die Gipfel der Berge von Wolken eingehüllt erscheinen und hofft nicht eher auf Rückkehr eines besseren, als bis sich die Berge an der Regenseite wieder unbewölkt zeigen. Das Wasserziehen der Sonne setzt sehr tief schwebende feine Wolken voraus und ist darum ein Regenzeichen.

§ 123. **Die Feuchtigkeit oder Trockenheit der Luft** in den untern Regionen läßt auf nasse oder trockene Witterung für die Zukunft schließen. Alles was große Luftfeuchtigkeit anzeigt, verkündet uns nasse Witterung. Darum ist das Dampfen der Wälder, das Niederschlagen des Rauches, das starke Riechen der Senkgruben, das Beschlagen der Mauern und Steinpflaster, das Nachlassen steifer oder gespannter Papiere, das Naßwerden oder Zerfließen des Kochsalzes, der ungewöhnlich helle Ton ferner Glocken u. s. w. in der Regel Vorzeichen einer eintretenden nassen Witterung.

§ 124. Der größte Theil der Wetterregeln, auf welche man im gewöhnlichen Leben so großen Werth legt, und die sogar zum Sprichworte geworden sind, bezieht sich auf den Zusammenhang der einzelnen Meteore und ihre periodische Wiederkehr, und es wird dabei stets von der Witterung der Gegenwart auf die Zukunft geschlossen. Viele dieser Regeln stehen unter sich im Widerspruch, andere setzen einen Zusammenhang zwischen Dingen voraus, die von einander unabhängig sind, wieder andere haben allerdings Grund, und diese letzteren allein sind einer näheren Erwähnung werth.

Dem jährlichen Gang der Wärme gemäß steht der Winter mit dem Frühlinge mittelst eines Nachwinters, der Sommer mit dem Herbste mittelst eines Nachsommers in Verbindung. Man betrachtet es als ein günstiges Zeichen, wenn der Nachwinter schnell auf den eigentlichen Winter folgt, weil dann die Luftwärme zeitig genug den zum Keimen der Samen nöthigen Wärmegrad erreicht. Daher kommt es, daß man trockenen März so hoch ansetzt („Märzenstaub ist goldeswerth") und schöne Witterung im Februar ungern sieht. Ein nasser Frühling und Sommer läßt einen trockenen Herbst, viel Schnee im Winter einen trockenen Sommer hoffen. Morgenregen gelten fast allgemein als schnell vorübergehend, weil die fast immer herrschenden Westwinde die Regenwolken vertreiben und die zunehmende Tageswärme die Wolken verdünnt. Abendregen hingegen werden als anhaltend angesehen, weil sie durch die während der Nacht stattfindende Temperaturabnahme noch mehr verstärkt werden. Dauert nach einem Regen die Wärme fort, so bleibt der Südwind

herrschend und wir haben die Wiederholung eines Wasserniederschlages zu befürchten. Eben darum folgt auf ein Gewitter fast immer ein zweites, wenn nicht auf das Erste eine erquickende Kühle eintritt. Zu reichlicher Thau läßt auf viele Luftfeuchtigkeit schließen; das gänzliche Ausbleiben des Thaues ist ein Zeichen von herrschenden Winden oder von zu trüber Luft, und deutet auf baldigen Regen.

§ 125. **Einfluß der Mondphasen.** Viele Beobachter glauben beim Regenfall einen Einfluß des Mondes wahrgenommen zu haben. Zur Zeit des ersten Viertels sollen die meisten, zur Zeit des letzten Viertels dagegen die wenigsten Regentage beobachtet worden sein. Neuere Beobachtungen förderten dagegen andere Resultate zu Tage, aus denen jedoch ein Einfluß des Mondes auf die Gestaltung der Witterung nicht mit Sicherheit abgeleitet werden kann. Wenn auch ein Einfluß vorhanden ist, so ist derselbe doch so gering, daß man mit dem Wechsel des Mondes keineswegs auch eine Aenderung des Wetters mit Sicherheit erwarten kann.

Auch der Einfluß der Mondphasen auf die Bewölkung des Firmamentes wird gewöhnlich überschätzt. Insbesondere glaubt man, daß der Vollmond die Wolken vertreibe. Eine besondere Klarheit des Firmamentes zur Zeit des Vollmondes läßt sich aber aus vieljährigen Beobachtungen nicht nachweisen. In Augsburg zeigen sich umgekehrt bei Vollmond die wenigsten hellen Tage (42 von 100), so daß eine allgemeine Regel über den Einfluß des Mondes auf die Bewölkung nicht angegeben werden kann.

§ 126. Daß viele **Thiere** durch ihr Benehmen die bevorstehende Witterung anzeigen, ist bekannt. Es erklärt sich dieses zum Theil aus dem stark entwickelten Empfindungsvermögen dieser stets im Freien lebenden Wesen, zum Theil aus dem Umstande, daß sie ihre Nahrung bei bevorstehender Wetterveränderung an einigen Orten leichter finden als an anderen.

So z. B. fliegen die Schwalben bei drohendem Regen sehr niedrig, weil sie in der Nähe des Bodens die Insekten, welche ihnen zur Nahrung dienen, und welche stets die trockenste und wärmste Luft suchen, am leichtesten antreffen. Fische schnellen aus demselben Grunde öfter auf und haschen nach den über dem Wasser schwebenden Insekten. Möven sammeln sich vor einem Sturme am Meeresufer um der ausgeworfenen Fische habhaft zu werden. Das Ankommen der Zugvögel gilt meistens als ein Zeichen der nahen Frühlingswärme. Ebenso sieht man das Wegziehen derselben als ein Zeichen der bevorstehenden Wärmeabnahme an.

Den Laubfrosch hält man allgemein für einen guten Wetterpropheten und glaubt, daß er Veränderung der Witterung durch Schreien anzeige. Diese Ansicht ist wenigstens nicht immer richtig. Besonders eifrig läßt

der Laubfrosch seine laute Stimme während der Paarungszeit ertönen, schweigt aber auch während des Sommers nicht, aber bei trockener und beständiger Witterung ebensowohl, als kurz vor dem Regen. Nur vor kommenden Gewittern schreit er mehr als sonst; während des Regens selbst oder bei nassem Wetter verstummt er gänzlich.

Auch die Spinnen werden vielfach als Wetterpropheten benützt. Jede Spinne muß mit ihrem Spinnstoffe sparsam sein, weil seine Erzeugung von ihrer Ernährung abhängt und eine hungrige weniger besitzt als eine wohlgenährte. Darum wird sie auch nicht arbeiten, wenn Sturm und Regen ihre Arbeit sofort wieder zerstören könnten. Hieraus folgt, daß ihr die Natur ein feines Vorgefühl für das Wetter verliehen haben müsse. Daher hat man nach der Thätigkeit oder Ruhe der Spinne, ihrem Hervorkommen und Zurückziehen, und ihrer Stellung im Neste überhaupt, nach der größeren oder geringeren Menge der Grundfäden bei Anlage desselben, nach dem Baue neuer oder der Vergrößerung schon fertiger Gewebe u. dergl. besondere Regeln für die muthmaßliche Witterung aufgestellt. Jedenfalls sind die Spinnen gegen Aenderungen im Gleichgewichte der Luft und gegen Aenderungen in den Strömungen derselben empfindlich und zeigen diesen Wechsel, mit welchem sich sehr häufig auch das Wetter ändert, auf sechs bis acht Stunden vor dem wirklichen Eintritte an. Vorzugsweise haben sich die angestellten Beobachtungen auf die Kreuzspinne und die Hausspinne bezogen. Zerreißt die Kreuzspinne die Grundfäden ihres Rades nach einer bestimmten Richtung hin und verbirgt sich dann, kriechen die Hausspinnen tief in ihre Röhre und drehen die Hinterleibsspitze nach einer bestimmten Seite, dann ist auf bald eintretenden heftigen Wind aus jener Gegend zu rechnen. Befestiget erstere aber die Fäden des Rahmens wieder und nimmt eine wartende Stellung ein, kommen letztere mit vorwärts gerichtetem Kopfende zum Eingange der Röhre und strecken die Beine, wie zum Fange gerüstet, daraus hervor, so kann man die Rückkehr des Ruhezustandes in der Atmosphäre annehmen.

Die Wahrnehmungen, welche beim Eintritte regnerischen Wetters an den Blättern und Blüthen, verschiedener Pflanzen zu machen sind, können hier füglich übergangen werden, da diese Erscheinungen eine Folge der bereits eingetretenen Wetteränderung sind.

Wiederholungsfragen.

Wie kommt es, das mit Pflanzen bedeckter Boden eine Verminderung der Lufttemperatur und eine Vermehrung der Luftfeuchtigkeit verursacht? — Warum nimmt die Waldluft nur langsam die Temperatur der äußeren Luft an? — Woraus erklärt sich das häufige Niedergehen von Sommerregen über und an großen Waldcomplexen? — Kann durch die Rodung großer Waldstrecken das Klima einer Gegend verändert

werden? — Wie wirkt die Bedeckung hoher Bergrücken mit Waldungen auf das Klima einer Gegend ein? — Was kann uns Anhaltspunkte für die Aufstellung von Wetterregeln bieten? — Wie läßt sich der Zusammenhang zwischen den Winden, der Wärme und den Niederschlägen erklären? — In wie ferne kann das Barometer als Wetterprophet dienen? — Was versteht man unter dem mittleren Barometerstand eines Ortes? — Warum kann man aus großer Durchsichtigkeit der Luft auf schlechtes Wetter schließen? — Warum ist der Eintritt von Regenwetter beim Erscheinen von Wolken am westlichen Firmamente wahrscheinlicher, als wenn dieselben im Osten auftreten? — Hat der Mond auch einen nachweisbaren Einfluß auf die Gestaltung der Witterung? —

Bachmann, Otto

Grundriß der Meteorologie für landwirthschaftl. Fortbildungs-Schulen u.
zum Selbstunterrichte bearb

Nördlingen 1876